IDRC-271f

La culture en couloirs dans les tropiques humides et subhumides

Compte rendu d'un atelier international
tenu à Ibadan, Nigéria,
du 10 au 14 mars 1986

CRDI
CANADA

Actes

91-02974/

Le Centre de recherches pour le développement international, société publique créée en 1970 par une loi du Parlement canadien, a pour mission d'appuyer des recherches visant à adapter la science et la technologie aux besoins des pays en développement ; il concentre son activité dans six secteurs : agriculture, alimentation et nutrition ; information ; santé ; sciences sociales ; sciences de la terre et du génie et communications. Le CRDI est financé entièrement par le Parlement canadien, mais c'est un Conseil des gouverneurs international qui en détermine l'orientation et les politiques. Établi à Ottawa (Canada), il a des bureaux régionaux en Afrique, en Asie, en Amérique latine et au Moyen-Orient.

This publication is also available in English.

IDRC-271f

La culture en couloirs dans les tropiques humides et subhumides

Compte rendu d'un atelier international
tenu à Ibadan, Nigéria,
du 10 au 14 mars 1986

Rédacteurs : B.T. Kang et L. Reynolds

Organisé conjointement par l'Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan, Nigéria, et le Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba, Éthiopie

Parrainé par le Centre de recherches pour le développement international, Ottawa, Ont., Canada, et la United States Agency for International Development, Washington, DC, É.-U.

Titre original de l'ouvrage : *Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics: Proceedings of an international workshop held at Ibadan, Nigeria, 10–14 March 1986*

© International Development Research Centre 1989

© Centre de recherches pour le développement international 1990
Adresse postale : CP 8500, Ottawa, Ont. (Canada) K1G 3H9

Kang, B.T.
Reynolds, L.

Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan NG
Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba ET

IDRC-271f

La culture en couloirs dans les tropiques humides et subhumides : compte rendu d'un atelier tenu à Ibadan, Nigéria, du 10 au 14 mars 1986. Ottawa, Ont., CRDI, 1990. x + 271 p. : ill. (Actes/CRDI)

/Systèmes de culture/, /production agricole/, /zone humide/, /zone tropicale/, /Afrique/ — /productivité agricole/, /légumineuses/, /fertilité du sol/, /agroforesterie/, /recherche en ferme/, /fixation de l'azote/, /culture intercalaire/, /culture fourragère/, /rapports de réunion/, /recommandations/, /listes des participants/.

CDU : 631.543(6)(213) ISBN : 0-88936-558-X

Révision technique : Lise Proulx-Thérien

Édition microfiche offerte sur demande.

Les opinions émises dans la présente publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du Centre de recherches pour le développement international. La mention d'une marque déposée ne constitue pas une sanction du produit ; elle ne sert qu'à informer le lecteur.

Résumé / Abstract / Resumen

Résumé — Les scientifiques s'intéressant aux cultures vivrières en zones d'altitude dans de nombreuses régions des tropiques humides et subhumides doivent répondre à un besoin urgent : trouver des solutions de rechange viables, soutenables et environnementalement saines aux anciennes méthodes de rotation des cultures et mise en jachère et de culture sur brûlis. À titre de technique de culture et d'élevage, l'agriculture en couloirs ne nécessite que peu d'intrants et contribue à conserver les sols, tout en favorisant la productivité agricole à long terme. Cette publication présente les résultats d'un atelier international sur l'agriculture en couloirs dans les tropiques humides et subhumides qui s'est tenu à Ibadan, au Nigéria, du 10 au 14 mars 1986 et qui a réuni 100 participants de 21 pays. L'atelier portait sur la mise au point de méthodes culturales plus productives et plus durables ne nécessitant que peu d'intrants pour les régions des tropiques humides et subhumides, grâce aux techniques de l'agriculture en couloirs. Le livre fait le point sur la recherche actuelle en matière d'agriculture en couloirs et ses applications, discute de l'utilisation des arbres dans les systèmes agricoles en milieu tropical, met en lumière les besoins en matière de formation et de recherche et propose l'établissement de canaux aux fins de la recherche en collaboration.

Abstract — An urgent challenge facing scientists working on upland food-crop production in many parts of the humid and subhumid tropics is the need to find viable, sustainable, and environmentally sound alternatives to the ancient shifting cultivation and bush-fallow, slash-and-burn cultivation systems. As a food-cropping and livestock-production technology, alley farming requires a low level of inputs and helps conserve soil resources while sustaining long-term farm productivity. This publication presents the results of an international workshop on alley farming in the humid and subhumid tropics. Held in Ibadan, Nigeria, 10–14 March 1986, the workshop was attended by 100 participants from 21 countries. The theme of this workshop was the development of more productive, sustainable farming methods with low inputs in the humid and subhumid tropics using alley farming techniques. This book reviews the present state of alley farming research and its application, discusses the use of woody species in tropical farming systems, highlights training and research needs, and proposes the establishment of channels for collaborative research.

Resumen — Un reto urgente al que se enfrentan los científicos que realizan investigaciones sobre la explotación de cultivos de montaña en muchas zonas húmedas y subhúmedas de los trópicos, es la necesidad de encontrar alternativas viables, sustentables y correctas desde el punto de vista del medio ambiente, al antiguo método de cultivos migratorios y a los sistemas de cultivo en barbecho y de corte y quema. Como tecnología utilizada para cultivos alimentarios y la producción ganadera, la agricultura de pasillo o entresurcos necesita pocos medios y ayuda a conservar los recursos del suelo en tanto mantiene la productividad agrícola a largo plazo. Esta publicación presenta los resultados de un grupo de trabajo internacional sobre agricultura de pasillo o entresurco en las zonas húmedas y subhúmedas de los trópicos, celebrado en Ibadán, Nigeria, del 10 al 14 de marzo de 1986, y al que asistieron 100 participantes de 21 países. El tema de este grupo de trabajo fue el desarrollo de métodos de cultivo más productivos y sostenidos con pocos recursos en las zonas húmedas y subhúmedas de los trópicos, utilizando técnicas de agricultura de pasillo o entresurco. Este libro revisa la situación actual de la investigación sobre la agricultura de pasillo o de entresurco y su aplicación, discute el uso de especies maderables en sistemas de cultivo tropicales, subraya la necesidad de realizar investigaciones y dar cursos de capacitación y propone la creación de canales para la investigación conjunta.

Table des matières

Avant-propos vii

Introduction ix

Partie 1. Discours officiels

Allocution de bienvenue **Bede N. Okigbo** 2

Allocution d'ouverture **Kurt J. Peters** 6

Allocution d'ouverture **D.E. Iyamabo** 8

Allocution de clôture **T.M. Catterson** 12

Message particulier **M. Peter McPherson** 15

Partie 2. Aperçu général du système de culture en couloirs

La culture en couloirs adaptée à la production de cultures vivrières dans les régions tropicales humides et subhumides **B.T. Kang, A.C.B.M. van der Kruijs et D.C. Couper** 18

La culture en couloirs associée à l'élevage **L. Reynolds et A.N. Atta-Krah** 30

Potentiel de la culture en couloirs de plantains et de bananes **G.F. Wilson et R. Swennen** 41

Partie 3. Plantation de légumineuses fourragères

Plantation de légumineuses fourragères et élevage **L. Reynolds et S.A.O. Adeoye** 48

Arbres fixateurs d'azote utilisés comme fourrage et comme brout en Afrique **J.L. Brewbaker** 60

Les arbres comme source de fourrage **J.H. Wildin** 79

Partie 4. Recherche sur la culture en couloirs

Méthodes de recherches en ferme sur la culture en couloirs **M.C. Palada** 92

Le rôle des essais en ferme dans l'évaluation de la culture en couloirs **A.N. Atta-Krah et P.A. Francis** 101

Partie 5. Rapports des pays : régions semi-arides, humides et subhumides

La culture en couloirs dans les régions semi-arides de l'Inde **R.P. Singh, R.J. Van den Beldt, D. Hocking et G.R. Korwar** 118

Culture en couloirs dans des conditions semi-arides au Kenya **F.K. Arap-Sang** 134

Production de fourrage de *Leucaena leucocephala* en culture intercalaire avec le maïs et les haricots en Tanzanie **L.L.L. Lulandala et J.B. Hall** 143

La culture en couloirs dans la région centrale du Togo **T. Remington et K. Eklou-Takpani** 149

La culture en couloirs du maïs avec *Leucaena leucocephala* dans le sud du Togo **K. Kpomblekou-Ademawou** 152

Adoption de la culture en couloirs dans la Province de l'Atlantique au Bénin **T.P. Akonde, B. Lame et E. Kummerer** 154

Le rôle de *Leucaena leucocephala* dans les systèmes de culture au Nusa Tenggara Timur en Indonésie **V. Parera** 157

La culture en couloirs en Sierra Leone **D.S. Amara** 169

La culture en couloirs au Cameroun **J. Tonye** 173

La culture en couloirs dans la région côtière du Kenya **A. Getahun et B. Jama** 178

Partie 6. Considérations socio-économiques et écologiques

Le rôle des arbres multifonctionnels dans l'agriculture en enclos en Afrique tropicale **B.N. Okigbo** 188

Le régime foncier et l'adoption de la culture en couloirs **P.A. Francis** ... 199

Retombées économiques de la culture en couloirs **W.O. Vogel** 215

La culture intercalaire de haies : quelques questions d'ordre écologique et physiologique **P.A. Huxley** 229

Partie 7. Constitution de réseaux et collaboration

La collaboration à la recherche sur la culture en couloirs **J.W. Pendleton** 244

La constitution de réseaux pour la culture en couloirs **P.C. Lippold** 251

Partie 8. Recommandations et annexes

Recommandations 258

Annexe 1.Comité permanent pour la culture en couloirs 260

Annexe 2. Liste des participants 261

Index 265

Avant-propos

L'Afrique connaît aujourd'hui une baisse de sa production alimentaire par habitant et il incombe aux agences internationales de recherche et de développement en agriculture de faire face aux conséquences de cette baisse — ce qui constitue un énorme défi. Le déboisement et la dégradation des terres s'accentuent tandis que les systèmes d'agriculture traditionnels s'efforcent de répondre à la demande alimentaire d'une population qui ne cesse d'augmenter.

Seul un effort concerté permettra d'analyser à fond ces tendances et de contrer leurs effets néfastes. L'Institut international d'agriculture tropicale (IIAT) d'Ibadan, au Nigéria, et le Centre international pour l'élevage en Afrique (CIPEA) d'Addis-Abeba, en Éthiopie, ont travaillé en étroite collaboration pour mettre au point un tout nouveau système d'agriculture : la culture en couloirs. Cette technique de production de cultures vivrières et d'élevage n'exige pas de grosses mises de fonds et aide à la conservation des ressources édaphiques, tout en favorisant la productivité agricole à long terme.

Le compte rendu des travaux de cet atelier international sur la culture en couloirs dans les régions tropicales humides et subhumides présente une étude exhaustive des différentes questions que soulève ce mode d'exploitation. L'atelier a été organisé et animé conjointement par l'IIAT et le CIPEA, avec le soutien du Centre de recherches pour le développement international (CRDI), Ottawa, Canada, et la United States Agency for International Development (USAID), Washington, DC, É.-U., que nous remercions vivement. Je suis convaincu que les recommandations des participants à cet atelier permettront de trouver des solutions productives à la crise agricole que traverse l'Afrique; elles méritent sans nul doute l'intérêt et l'attention de tous ceux que préoccupe l'avenir de ce continent.

L.D. Stifel
Directeur général
Institut international d'agriculture tropicale

Introduction

B.T. Kang[1] et L. Reynolds[2]

[1]Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria ;
[2]Centre international pour l'élevage en Afrique, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Les agronomes qui étudient la production de cultures vivrières des hauts plateaux dans de nombreuses régions tropicales humides et subhumides doivent de toute urgence trouver des solutions viables, durables et écologiquement judicieuses en remplacement du vieux système de culture itinérante, de jachère forestière et d'agriculture sur brûlis. Le mode d'exploitation traditionnellement extensif des cultures vivrières, bien que stable et biologiquement efficace, n'a de sens que lorsqu'on dispose d'une superficie de terrain suffisante pour permettre à une longue jachère de rendre aux sols leur productivité que le bref cycle de culture épuise. Toutefois, avec le temps, le système traditionnel a connu de rapides mutations, liées à divers facteurs socio-économiques tels que la rapide croissance démographique.

En Afrique tropicale, la population augmente à un rythme annuel supérieur à 3 %. Bien que les terres où se pratique l'agriculture des hauts plateaux soient de bonne qualité, les exploitants ne disposent pas de la superficie nécessaire pour assurer aux sols une longue jachère. C'est pourquoi l'agriculture traditionnelle exerce de terribles pressions sur les superficies cultivables disponibles, ce qui a encore intensifié le déboisement. Au fur et à mesure que les terres productives se raréfient, les petits exploitants sont contraints de mettre en culture des terres fragiles et marginales, incapables de faire vivre de vastes populations qui pratiquent l'agriculture de subsistance.

Cet atelier a pour thème la mise au point de méthodes d'exploitation productives mais qui n'exigent qu'une très faible mise de fonds, des méthodes adaptées aux régions tropicales humides et subhumides. Il s'agit de la culture en couloirs. Notre objectif est d'étudier où en sont les recherches en ce domaine ainsi que les applications de cette nouvelle méthode, d'analyser le rôle des espèces arborescentes, d'évaluer les besoins en matière de formation et de recherche et, enfin, de nouer des liens pour encourager la collaboration. L'atelier a été divisé en neuf séances, précédées d'une visite des parcelles sur lesquelles l'IIAT et le CIPEA effectuent leurs essais.

Dans le présent volume, les neuf séances ont été divisées en huit parties. La 1re partie, *Discours officiels*, présente les allocutions prononcées par les représentants de l'IIAT, du CIPEA, du gouvernement du Nigéria et de l'USAID. La 2e partie, *Aperçu général du système de culture en couloirs*, contient trois exposés généraux sur les différents aspects de la culture en couloirs. La 3e partie, *Plantation de*

légumineuses fourragères, porte sur les légumineuses arborescentes. Seules quatre d'entre elles ont été soumises à des études scientifiques approfondies ; *Leucaena* est la plus prometteuse. Le feuillage des légumineuses arborescentes améliore la digestibilité du fourrage pauvre en protéines et accroît la productivité des petits ruminants, auxquels on donne ce fourrage après l'avoir recueilli sur place, et celle des bovins durant la période de pâturage extensif.

La 4e partie, *Recherche sur la culture en couloirs*, contient deux études portant sur les méthodes de recherche dans les exploitations agricoles et le rôle des essais en ferme. La 5e partie, *Rapports des pays : régions semi-arides, humides et subhumides*, présente 10 exposés portant sur des régions d'Afrique, du Sud de l'Asie et d'Asie du Sud-Est. Les quatre exposés de la 6e partie, *Considérations socio-économiques et écologiques*, analysent les avantages économiques de la culture en couloirs tant pour l'agriculteur que pour la collectivité, les contraintes éventuelles que ce système pourrait imposer au régime foncier, le rôle des arbres multifonctionnels et la culture intercalaire de haies. La 7e partie, *Constitution de réseaux et collaboration*, contient deux exposés sur la collaboration et la liaison entre les chercheurs, notamment pour la mise au point de la culture en couloirs.

Après la séance de clôture, les participants se sont rassemblés en groupes de travail pour discuter des besoins en matière de recherche. Les trois groupes ont discuté entre autres de l'interaction récoltes–élevage, des facteurs socio-économiques, des recherches en ferme et de la production des cultures vivrières et des arbres. Les délégués se sont ensuite séparés en deux groupes pour cerner les besoins de formation et définir des méthodes de collaboration. La 8e partie, *Recommandations et annexes*, présente les recommandations de tous ces groupes de travail, le plan d'action d'un comité permanent sur la culture en couloirs et donne la liste de tous les participants à l'atelier. Les membres du comité permanent ont été choisis par les délégués africains au cours d'une séance à huis clos. Ce comité doit aider à promouvoir la recherche coordonnée par l'IITA et le CIPEA. Ces deux organismes ont reçu le mandat de recueillir les fonds nécessaires à la création de ce réseau.

Partie 1

Discours officiels

Allocution de bienvenue

Bede N. Okigbo

Directeur général adjoint, Institut international d'agriculture tropicale,
PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Au nom de Monsieur L.D. Stifel, directeur général de l'Institut international d'agriculture tropicale (IIAT), je vous souhaite la bienvenue à cet atelier. L'objectif primordial de l'IIAT et du Centre international pour l'élevage en Afrique (CIPEA) est d'aider les institutions nationales des régions tropicales humides et subhumides, d'Afrique notamment, à accroître la qualité et la quantité de leurs productions alimentaires. Pour cela, ces organismes effectuent des recherches pluridisciplinaires, orientées vers des problèmes précis, et offrent une formation en matière d'amélioration génétique des principales récoltes de ces régions (maïs, riz, niébé, graines de soja, manioc, ignames, plantains, patates douces et aroïdes) et d'amélioration des systèmes d'exploitation agricole. Cet atelier portera sur les progrès accomplis dans le programme des systèmes d'exploitation agricole qui recoupe le programme d'amélioration des récoltes, deux sujets cruciaux de préoccupation pour l'IIAT et le CIPEA.

L'importance de cet atelier est soulignée par le fait que de nombreux pays en développement, d'Afrique notamment, connaissent des pénuries alimentaires et traversent des crises environnementales et démographiques. Le problème alimentaire est né d'une incapacité à produire suffisamment de nourriture pour répondre aux besoins d'une croissance démographique rapide, d'une intensification de l'urbanisation et de la hausse des revenus, et le problème est encore devenu plus grave lorsque les efforts ont été anéantis par la sécheresse. La production alimentaire africaine a été incapable de répondre à la demande. Elle croît lentement au rythme annuel d'environ 1 à 2 % tandis que la croissance démographique est de 3 % par an. On constate même que la production alimentaire par habitant a diminué depuis 15 ans.

La crise environnementale est le fruit du déboisement, du surpâturage, de la fréquence accrue de cultures, de l'urbanisation et de diverses pressions en faveur de la modernisation. De vastes superficies ont été rognées par l'érosion et la dégradation irréversible des sols. L'Éthiopie à elle seule risque de perdre chaque année près d'un milliard ($\times 10^9$) de tonnes de terre végétale. Le déboisement, dont plus de 70 % est lié à l'agriculture sur brûlis que l'on pratique en Afrique sur au moins 3,5 millions d'hectares chaque année, se poursuit à un rythme beaucoup plus rapide que celui du reboisement ou des processus naturels de régénération. Les sécheresses n'ont pas seulement eu des effets désastreux sur la production alimentaire, elles ont aussi freiné le reboisement — l'eau est rare et il est difficile,

en période de disette ou simplement de malnutrition grave, de mobiliser l'énergie nécessaire au travail.

On se repose donc de plus en plus sur les importations d'aliments et l'aide étrangère pour répondre à la demande. Le fardeau de la dette née de ces achats et du prix élevé du pétrole depuis les années 70 pèse aussi très lourd sur les programmes de développement, tant en agriculture qu'en foresterie. L'incapacité d'importer des engrais, par exemple, risque de provoquer une accélération du rythme auquel de nouvelles terres sont mises en culture tout en favorisant l'érosion et la dégradation des sols dans les régions cultivées. Tout ceci exige la mise en oeuvre de systèmes d'exploitation efficaces, autosuffisants et régénérateurs, qui permettront d'obtenir des récoltes suffisamment abondantes, entretiendront la fertilité et la productivité des sols tout en minimisant la détérioration du sol et de l'environnement, et ce, à un coût réduit, notamment pour le petit agriculteur.

En Afrique, plus de 80 % de l'augmentation annuelle de la production agricole est directement liée à un accroissement des zones cultivées. Les autres méthodes telles que la plantation de variétés à haut rendement, qui font appel à des produits achetés, n'ont guère eu de succès. En fait, lorsqu'on les a mises à l'essai en Afrique, certaines de ces technologies, y compris certains aspects du transfert technologique horizontal et l'importation à grande échelle de machines agricoles depuis les régions tempérées, ont eu des résultats très décevants puisqu'elles ont plutôt aggravé la détérioration des sols. Elles ont également amené à faire de l'agriculture aux dépens de la foresterie.

Toutefois, certains systèmes écologiquement judicieux et productifs se sont révélés un succès. Notons, par exemple, la culture, en agriculture de plantation, du cacao, du café, du caoutchouc et de l'huile de palme, le système asiatique de rizières, les plantations de noix de coco et les systèmes connexes agroforestiers et agro-sylvo-pastoraux. Néanmoins, ces méthodes ont souvent été sacrifiées en raison des nombreux problèmes socio-économiques et politiques que connaît le continent africain.

Notre principal défi est de mettre au point des méthodes d'exploitation de cultures vivrières améliorées en introduisant des cultures annuelles dans une zone écologique où la végétation climatique — la forêt pluviale — est adaptée aux orages, aux températures nocturnes élevées et autres caractéristiques environnementales des climats tropicaux. C'est pourquoi la recherche de méthodes judicieuses sur le plan écologique, économiquement viables et culturellement acceptables pour remplacer le déplacement des zones de culture et les systèmes de jachère s'est révélée particulièrement difficile, surtout dans les zones tropicales humides et subhumides. C'est là le but du programme des systèmes agricoles de l'IITA, d'autres centres internationaux de recherches agricoles tels que le CIPEA, et d'institutions nationales qui font face aux mêmes problèmes.

Dans le cadre de notre recherche, nous avons tenté, d'abord et avant tout, de comprendre l'environnement des agriculteurs, leurs méthodes de production et les contraintes d'augmentation de la production. L'IITA s'efforce de mettre au point des techniques de culture améliorées dans un environnement miné par les problèmes socio-économiques, et, entre autres, par de graves lacunes au niveau de l'infrastructure et des politiques. Nous avons appris que l'agriculteur traditionnel manquait de crédit et désirait récolter des quantités raisonnables de diverses cultures vivrières et commerciales, à un coût réduit et avec le minimum de risques.

C'est pourquoi l'IIAT s'est efforcé de trouver des moyens à la fois adaptés et scientifiques de modifier les techniques et méthodes traditionnelles. Nous tâchons d'allier des aspects choisis des systèmes traditionnels à des éléments des méthodes modernes, compatibles mais aussi valables sur le plan écologique et économique. Nous espérons ainsi mettre au point de nouveaux sous-systèmes de production et des méthodes de gestion des sols et d'autres ressources qui pourraient être utilisées par les agriculteurs défavorisés. Nous avons également mis à profit nos connaissances écologiques pour élaborer des systèmes agro-économiques qui imitent la structure à strates multiples des écosystèmes de la forêt tropicale.

La culture en couloirs est le fruit d'efforts de longue haleine pour intégrer les technologies modernes ou nouvelles aux méthodes traditionnelles. Cette méthode consiste à cultiver des cultures vivrières entre des rangées d'espèces de jachère choisies (telles que *Leucaena*). Ces espèces de jachère doivent, de préférence, avoir une croissance rapide, pouvoir fixer de façon efficace l'azote atmosphérique; celles qui ne peuvent fixer l'azote (ex. : *Acioa* et *Alchornea*) doivent pouvoir recycler efficacement les éléments nutritifs et contribuer toute l'année à épaissir la litière.

L'agriculteur traditionnel utilise déjà des essences de jachère, sauvages ou plantées, mais elles ne poussent pas en rangées. Il élague parfois les arbres et les buissons, et fait bon usage de la litière. Cependant, il lui arrive parfois de brûler arbres et buissons. Il fait alors pousser ses récoltes entre des souches de hauteurs diverses, utilise les branches coupées comme bois de chauffage et les souches abandonnées dans les champs comme tuteurs. Cependant, dans le système traditionnel, de vastes superficies sont mises en jachère. Les pressions démographiques sont telles que le système de jachère ne peut préserver la fertilité des sols. Plus le temps de jachère est long, plus il faut travailler pour défricher. En outre, les agriculteurs traditionnels ne préservent pas toujours les sols en plantant en bordure — problème qui peut être éliminé grâce à la culture en couloirs. L'agriculteur traditionnel utilise les essences de jachère comme fourrage; cependant, la culture en couloirs permet une gestion plus efficace de ces espèces. En résumé, cette méthode de culture offre les avantages suivants :

- préservation de la fertilité des sols grâce à la fixation de l'azote et au recyclage des éléments nutritifs;
- préservation d'une quantité raisonnable de matières organiques des sols;
- provision de paillis pour protéger le sol et contrôler l'infiltration d'eau, le ruissellement et l'érosion;
- provision de bois de chauffage;
- provision de tuteurs et matériaux ligneux à usage commercial;
- provision de brout ou de fourrage;
- jachère limitée à des couloirs étroits, ce qui permet d'économiser des terres et de pratiquer une culture soit continue soit intercalée avec de très courtes périodes de jachère.

La culture en couloirs peut jusqu'à doubler la surface de terre cultivée sans modification au régime foncier. En outre, plusieurs types de cultures sont possibles. Par exemple, la culture à strates multiples permet de reproduire les conditions naturelles (plantain–taro ou association avec l'élevage).

Cependant, l'IIAT ne peut réaliser seul ces objectifs. Son mandat n'englobe pas les méthodes d'élevage, contrairement à celui d'autres centres internationaux de recherches agricoles, tels que le Centre international d'agriculture tropicale (CIAT), le CIPEA et le Laboratoire international de recherche sur les maladies des animaux (LIRMA). C'est pourquoi l'IIAT a mené cette recherche et conçu ce programme de formation conjointement avec le CIPEA. Au nom du directeur général et de mes collègues de l'IIAT, j'aimerais remercier le CIPEA pour sa très précieuse collaboration.

Voici maintenant dans quels buts l'IIAT et le CIPEA ont organisé cet atelier :

- déterminer où en sont les recherches en matière de culture en couloirs ou de systèmes d'exploitation agricole et leur application;
- étudier le rôle des arbres et buissons cultivés dans le cadre des systèmes d'exploitation agricole;
- encourager la collaboration;
- déceler les lacunes dans nos connaissances et recherches actuelles;
- partager des idées et des méthodes de recherche qui permettront de mettre à profit tous les avantages de la culture en couloirs.

Quant à la question de savoir si le système de production par culture en couloirs est de nature agroforestière ou agro-sylvo-pastorale, je vous prierais de ne pas en discuter ici. L'objectif premier de la culture en couloirs est de préserver la fertilité des sols et la productivité des récoltes, de faire vivre des espèces animales compatibles et de limiter l'érosion. Bien entendu, nombre d'essences de jachère que l'on plante dans le cadre de ce système sont aussi des essences ligneuses et multifonctionnelles, que l'on peut employer en foresterie. Nous gagnerons beaucoup à discuter de ce qui peut être réalisé et de la manière d'y parvenir, mais nous n'accomplirons rien si nous perdons notre temps à ergoter sur des définitions. Nous ne savons pas encore comment étendre la culture en couloirs à diverses zones écologiques ni comment mettre au point plusieurs combinaisons et séquences.

Pendant votre séjour, j'espère que vous vous familiariserez avec tous les aspects des activités de l'IIAT et que vous ferez bon usage de nos installations. Je vous souhaite des discussions constructives et un échange fructueux d'idées.

Allocution d'ouverture

Kurt J. Peters

Directeur de la recherche, Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba, Éthiopie

Au nom du CIPEA, je vous souhaite la bienvenue à cet atelier sur la culture en couloirs dans les régions humides et subhumides des tropiques. Le CIPEA, en sa qualité de co-organisateur, s'intéresse énormément à ce mode de culture et nous espérons que tous les participants tireront pleinement profit des travaux du colloque.

L'objectif principal du CIPEA est d'améliorer la production alimentaire de l'Afrique subsaharienne grâce à une utilisation maximale des fonctions catalytiques et intégrées de la production de bétail dans le cadre des systèmes africains d'exploitation agricole. Qu'il soit intégré à l'agriculture (bêtes de trait et production de fumier) ou considéré comme un à-côté permettant d'améliorer la situation financière des agriculteurs, l'élevage du bétail en Afrique subsaharienne est assujetti à deux contraintes majeures : la maladie et les problèmes de nutrition. À l'exception des maladies virales, une bonne partie des affections sont liées à la malnutrition. Par conséquent, pour que les efforts d'amélioration de la production du bétail portent fruit, il faut commencer par résoudre les problèmes de nutrition.

Les résidus des récoltes et les pâturages sauvages sont les principales sources d'alimentation du bétail africain. La stratégie du CIPEA consiste à maximiser leur utilisation en créant un environnement favorable aux micro-organismes du rumen. Ce but peut être atteint en complétant l'alimentation du bétail à l'aide d'azote fermentescible et d'autres facteurs importants de croissance. Les légumineuses cultivées représentent le meilleur moyen d'améliorer la nutrition et la production des récoltes. Le CIPEA met actuellement à l'essai de nombreuses variétés de légumineuses herbacées, arborescentes et fourragères, en recherchant celles qui s'adaptent bien aux conditions écologiques particulières et aux systèmes d'exploitation agricole.

Nous nous intéressons de plus en plus aux légumineuses fourragères ainsi qu'à leur utilisation dans les systèmes d'exploitation agroforestière. *Leucaena* offre des avantages bien précis, une fois que la dégradation microbienne du 3-hydroxy-4 (IH) pyridone (DHP) a atténué la toxicité de la mimosine et permet une alimentation à un rythme beaucoup plus rapide.

Après avoir expérimenté un vaste éventail de systèmes d'exploitation agricole, le CIPEA s'est intéressé à la production de légumineuses fourragères au moyen de la culture en couloirs, des potagers de cultures fourragères intensives, des enclos de haies et de la culture par relais et intercalaire. Grâce à sa collaboration avec l'IIAT,

le CIPEA, par l'entremise de son Programme des zones humides (PZH), s'est intéressé à l'élément production fourragère du système de culture en couloirs et des potagers de légumineuses fourragères. Après une série d'essais en station de ces systèmes, l'équipe, il y a cinq ans, a entamé des essais en ferme pour déterminer s'ils étaient acceptables sur le plan social, économiquement avantageux et réalisables du point de vue technique. Une démarche pluridisciplinaire a donc été adoptée. La méthode de recherche sur les systèmes d'exploitation agricole comporte les étapes suivantes :

- compréhension du système (diagnostic);
- identification des contraintes qui s'appliquent à la production du bétail;
- recherche de solutions;
- mise à l'épreuve des solutions, en station et en ferme;
- amélioration des solutions après évaluation des essais en ferme et modification de la technologie.

Après l'équivalent de 50 années-travail du personnel de l'IIAT et du CIPEA, certaines solutions devraient aujourd'hui être appliquées et étendues à d'autres sites de la zone humide et subhumide. Pour ce faire, les scientifiques auront un rôle décisif à jouer, de même que les formateurs et les planificateurs des institutions nationales qui souhaitent utiliser les nouvelles technologies ou les adapter aux conditions particulières de leur pays. Par conséquent, l'un des éléments essentiels de la stratégie du CIPEA consiste à permettre aux organismes agricoles nationaux d'améliorer la production alimentaire pour qu'en profitent les clients prioritaires, à savoir les petits agriculteurs.

Cet atelier permettra aux chercheurs d'échanger des idées sur les possibilités d'amélioration des systèmes d'exploitation agricole, d'étudier le potentiel des légumineuses arborescentes de divers pays, d'identifier les lacunes dans les connaissances actuelles et de cerner les domaines dans lesquels un travail en collaboration serait bénéfique. J'espère que ces discussions seront le point de départ d'une collaboration durable et fructueuse entre les institutions nationales, les organismes d'aide et les centres internationaux de recherche — IIAT et CIPEA — afin d'améliorer la production alimentaire de l'Afrique.

Allocution d'ouverture

D.E. Iyamabo

Directeur-coordonnateur de la science et de la technologie, ministère fédéral de la Science et de la Technologie, Lagos, Nigéria

L'agriculture nigériane, et même africaine dans son ensemble, doit affronter bien d'autres problèmes que la productivité des cultures. On semble parfois tenir pour acquises les politiques gouvernementales et la capacité des facteurs naturels de production. Or, s'il est évident que les politiques gouvernementales pertinentes sont indispensables à une agriculture prospère, des sols de bonne qualité, une quantité d'eau suffisante et une abondante végétation sont des facteurs tout aussi importants qui forment, en quelque sorte, le soutènement de notre production agricole. Malheureusement, on a tendance à penser, quelquefois bien à tort d'ailleurs, que, dans les régions humides et subhumides, l'approvisionnement en eau n'est pas un problème majeur. En revanche, dans les zones arides et semi-arides, la question de la gestion des ressources en eau est fondamentale. En fait, dans toutes les régions tropicales, humides, subhumides, arides et semi-arides, le sol et la végétation sont des facteurs fondamentaux de productivité et méritent beaucoup plus d'attention qu'ils n'en reçoivent à présent.

Tout agriculteur traditionnel ne peut manquer de constater des fluctuations dans la fertilité de son sol — phénomène qui peut provoquer une baisse de rendement si la même parcelle fait l'objet d'une culture continue. L'agriculteur ne comprend pas toujours pourquoi ses récoltes diminuent et peut décider de résoudre le problème en se déplaçant vers une autre parcelle. L'agriculteur moderne, en revanche, emploie des engrais pour maintenir un rendement élevé. Cela lui permet d'allonger de quelques années la productivité de son terrain mais la baisse de rendement finit par se produire tôt ou tard; la structure édaphique se dégrade et l'érosion s'installe. C'est le dilemme de l'agriculture tropicale. Pendant ce temps, la culture itinérante reste la culture dominante.

La solution se trouve dans la recherche et l'évaluation de nouvelles méthodes de gestion des sols et d'exploitation agricole. Il faut trouver des systèmes qui préserveront la fertilité et la stabilité des sols, deux facteurs indispensables pour maintenir la productivité, à un coût relativement faible.

De très nombreux chercheurs étudient les moyens d'améliorer génétiquement les cultures et d'accroître la résistance contre les maladies et la sécheresse. Par contre, peu d'études portent sur les problèmes ci-dessus, notamment la gestion des sols. Certes, il faut bien reconnaître que ce type de recherche n'est pas particulièrement attrayant. Les expériences doivent pratiquement toutes se dérouler sur le

terrain, leur période de gestation est interminable et les résultats ne sont ni spectaculaires ni prestigieux. Par conséquent, ces travaux ne suscitent guère l'enthousiasme chez les agriculteurs, dans le public ou parmi les décideurs. Rien d'étonnant que les scientifiques et les institutions soient portés à éviter ce genre de recherche, dont dépend pourtant la productivité agricole. Cependant, les agronomes et les pédologues du monde entier ont souligné depuis longtemps son importance. Tout récemment encore, un groupe d'étude des centres du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI) sur la production agricole du Tiers-Monde mettait l'accent sur ces problèmes.

La recherche sur la culture en couloirs entend précisément répondre à ces besoins. Elle suggère la plantation d'arbres en rangées systématiques et, entre ces rangées, la culture d'espèces vivrières. Il s'agit, en somme, de cultiver des arbres et des espèces vivrières sur la même parcelle. Selon les essences d'arbres plantées, on devrait pouvoir accroître la fertilité des sols, préserver la cohésion des particules du sol en prévenant l'érosion, créer de l'ombre et produire du brout pour le bétail, des poteaux, du bois de chauffage et d'autres produits forestiers.

On connaît depuis longtemps les avantages de la plantation d'arbres intercalés avec des cultures vivrières et ce que l'on appelle aujourd'hui la culture en couloirs a été pratiquée sous diverses formes au cours des âges. Ces pratiques ont évolué, pour plusieurs raisons. Par exemple, certains agriculteurs traditionnels évitent de couper les arbres qui se trouvent sur leur parcelle parce qu'ils les considèrent comme sacrés, parce que ces arbres sont trop gros ou simplement parce qu'ils font de l'ombre ou portent des fruits. Certains, tels que l'*Acacia nilotica*, sont généralement épargnés car ils accroissent la fertilité du sol. Les producteurs de cacaoyers laissent intacts des arbres tels que *Terminalia ivorensis* ou les bananiers pour protéger leurs semis de cacaoyers. Les forestiers encouragent la croissance simultanée des arbres et des cultures vivrières pour répondre au besoin de terres agricoles, pour tirer des revenus occasionnels de leurs plantations et pour permettre l'utilisation maximale du sol, de la lumière solaire et d'autres facteurs de production. C'est ainsi qu'est née la discipline aujourd'hui universellement reconnue sous le nom d'agroforesterie.

Toutefois, aucune de ces démarches ne reposait sur des données objectives, issues de recherches scientifiques et systématiques. Les résultats de ce genre de recherches facilitent la mise au point de systèmes de production plus rigoureux et de technologies que l'on peut ensuite appliquer à des situations différentes. C'est ce qu'ont permis d'accomplir, jusqu'à présent, les travaux sur la culture en couloirs.

Les scientifiques de l'IIAT et leurs collègues du CIPEA ont été les premiers à repenser la production agricole des tropiques, bien avant que les systèmes d'exploitation agricole retiennent enfin l'attention de leurs collègues dans le monde entier. On aura alors décidé de mettre l'accent sur les méthodes de production plutôt que sur l'amélioration des espèces cultivées. À partir de ces travaux, l'IIAT a mis au point les techniques sans ou avec labour minimal qui ont permis d'accomplir de grands progrès dans le domaine de la production. À la suite d'expériences entreprises sur la rive occidentale du campus de l'IIAT et d'un projet de recherche sur l'aménagement des terres parrainé par l'Université des Nations Unies de la Réserve forestière Okumu dans l'État de Bentel, l'IIAT a pu accumuler des données scientifiques qui, espérons-le, permettront la mise au point de technologies efficaces pour maintenir un rendement élevé tout en protégeant la structure pédologique.

La culture en couloirs, qui comprend une gestion des sols et de la végétation, intéresse les scientifiques de l'IIAT et du CIPEA depuis déjà plusieurs années. Les résultats des premiers essais sont particulièrement encourageants. Quoi qu'il en soit, ces scientifiques estiment aujourd'hui que leurs travaux méritent d'être analysés afin d'en étudier les applications possibles et de cerner les questions qui pourraient faire l'objet de recherches en collaboration avec d'autres organismes. Sans essayer de prévoir les conclusions qui pourront être tirées de cet atelier, il me semble vraiment que nous sommes sur le point d'effectuer une importante percée dans le domaine de l'agriculture tropicale. De fait, la culture en couloirs semble présenter de nombreux avantages :

- réduction des coûts d'exploitation grâce à une fertilité des sols accrue — ce qui minimise les besoins en engrais minéraux;
- stabilisation des sols et diminution de l'érosion;
- provision de brout pour le bétail et de bois de chauffage;
- application possible quelles que soient la nature du sol et la situation agricole;
- démonstration facile.

Je suis convaincu qu'un système d'exploitation doté de telles qualités aura d'extraordinaires retombées sur la production agricole, dans ce pays comme ailleurs. Je félicite l'IIAT pour ses réalisations et je tiens aussi à remercier très vivement le CIPEA pour sa précieuse collaboration. J'aimerais également adresser mes plus sincères félicitations au Conseil international pour la recherche en agroforesterie (CIRAF) ainsi qu'à toutes les institutions nationales présentes à cet atelier. Je remercie également le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) et la United States Agency for International Development (USAID) qui ont parrainé ce colloque international auquel je souhaite tout le succès qu'il mérite.

Les Nigérians s'intéressent particulièrement à la culture en couloirs et feront leur possible pour qu'elle soit adoptée. Nous finançons un projet de recherche coordonné à l'échelle nationale sur les systèmes d'exploitation agricole, mené conjointement par nos instituts de recherche sur les cultures vivrières et nos universités. En outre, nos instituts effectuent, dans le cadre de leur mandat, leurs propres recherches sur les systèmes d'exploitation agricole. L'Institut de recherches forestières du Nigéria, en collaboration avec l'Université d'Ibadan, entreprend actuellement des recherches en agroforesterie. Et c'est pour appuyer cette recherche que le ministère fédéral de la Science et de la Technologie négocie actuellement ce qui deviendra peut-être un projet de recherche très fructueux sur l'utilisation des vertisols — projet entrepris en collaboration par l'Université du Pays de Galles (Royaume-Uni), l'Institut de recherches du lac Tchad à Maiduguri (Nigéria) et l'Institut de recherches forestières du Nigéria à Ibadan. On encouragera ces instituts nationaux ainsi que l'Institut nigérian de recherche sur l'élevage de bétail à collaborer encore plus étroitement avec l'IIAT.

La culture en couloirs est très prometteuse mais nous ne devons pas pour autant nous reposer sur nos lauriers. Il nous faut effectuer d'autres recherches sur les types de sols, les différentes essences d'arbres, les différentes cultures vivrières et les différentes conditions écologiques. Il nous faut aussi instaurer une collaboration

plus étroite entre les spécialistes de l'agriculture et ceux de la foresterie. De nombreux agronomes refusent encore d'admettre que l'agroforesterie peut présenter des avantages pour les cultures vivrières, aussi la cause de la culture en couloirs a-t-elle besoin de partisans et d'ardents défenseurs. Les universités, les collèges d'agriculture et de foresterie ainsi que les établissements de recherche devraient inclure des cours de formation en agroforesterie et en culture en couloirs dans leurs programmes, destinés aux étudiants et aux agriculteurs. Des programmes de sensibilisation du public sont également nécessaires dans les régions victimes de l'érosion, de la désertification et d'autres catastrophes écologiques de ce genre.

Les percées auxquelles nous assistons dans le domaine de la recherche agricole, dont la culture en couloirs n'est qu'un exemple, donnent à penser que les problèmes techniques de l'agriculture du Nigéria, voire du reste de l'Afrique, ont des solutions. Ce qu'il faut maintenant, c'est identifier ces problèmes et mobiliser toutes nos ressources pour y faire face en introduisant les résultats les plus significatifs des recherches dans les rouages de la production.

Allocution de clôture

T.M. Catterson

Conseiller principal en foresterie, United States Agency for International Development, Bureau de l'Afrique, Washington, DC, É.-U.

Je sais que vous connaissez tous les effets tragiques de la sécheresse et de la famine qui ont dévasté de vastes étendues du continent africain et donné lieu à une gigantesque campagne de lutte contre la faim en 1984–1985. Ces événements nous ont une fois de plus rappelé à quel point l'existence de millions d'Africains est précaire. Heureusement, en 1985, la saison des pluies a été favorable et la production alimentaire a augmenté. Mais nous n'avons pas lieu, pour autant, de nous réjouir; qu'il s'agisse du nord semi-aride ou dans la zone boisée, nous savons tous que la production alimentaire africaine par habitant a diminué alors que les pressions démographiques se sont intensifiées. Aussi, le problème de la faim demeure-t-il le principal défi pour les années 80 et il est probable que ce sera aussi celui de la prochaine décennie.

Pourquoi, alors, nous soucier des arbres ? Voyons d'abord les points sur lesquels est axée la stratégie alimentaire de l'USAID en Afrique :

- étude et modifications des politiques afin de favoriser l'augmentation de la production alimentaire;
- programme *PL 480 Food for Peace* afin de combler les besoins jusqu'à ce que la production interne réponde à la demande;
- recherche agricole et transfert technologique afin d'améliorer les cultures et les techniques de production et donc augmenter les rendements.

Les changements de politiques pour fournir un milieu institutionnel approprié de manière à aider les agriculteurs tout en stimulant l'investissement du secteur privé et la production peuvent se révéler très efficaces. Les citoyens des États-Unis appuient et continueront d'appuyer énergiquement les programmes d'aide humanitaire.

Depuis la fin de 1985, la peur de la famine étant passée, les médias, le public américain et ses représentants nous exhortent à faire plus, c'est-à-dire à résoudre les problèmes fondamentaux qui sapent la productivité agricole en Afrique. Il est évident que la dégradation de l'environnement et la désertification sont des variables majeures de l'équation de la production.

Il faudra continuer d'appuyer le plus possible la recherche agricole en Afrique. D'ailleurs, après une étude approfondie, l'USAID a récemment publié son

Programme d'intensification des recherches agricoles dans la région. L'objectif de ce document est d'accroître l'efficacité de nos efforts dans ce domaine. L'Agence reconnaît, toutefois, que pour tirer parti des variétés améliorées et hybrides de cultures vivrières et des nouveaux systèmes d'exploitation agricole — cette révolution verte qui éclatera sûrement un jour en Afrique —, il faut avant tout des sols de bonne qualité, stables, fertiles et bien irrigués.

En effet, les résultats de la recherche agricole seront de bien peu d'utilité si les sols sont :

- trop appauvris pour nourrir les semences améliorées;
- trop dégradés pour maintenir leur cohésion au moment des chutes de pluie;
- trop nus pour empêcher que les particules soient balayées par le vent ou entraînées par de brusques et violentes averses.

Bref, nous estimons que les efforts de modernisation de l'agriculture ne suffisent pas. Il convient également de prendre en considération, à long et à moyen terme, les problèmes posés par les sécheresses, la désertification, la dégradation des sols et la détérioration de l'environnement. Nous devons renouveler nos efforts pour préserver la base écologique dont est si fortement tributaire la productivité des terres agricoles. Il nous faut étudier soigneusement les problèmes auxquels se heurtent beaucoup d'agriculteurs lorsqu'ils essaient d'obtenir des engrais et le fardeau que ces entrées fondamentales imposent à une balance des paiements déjà fortement déséquilibrée.

Il est certain que les efforts en matière de foresterie contribueront à résoudre certaines des difficultés. L'extraordinaire expansion des programmes de foresterie dans toute l'Afrique depuis le début des années 70 démontre l'intérêt que l'on porte aujourd'hui aux problèmes environnementaux. Toutefois, en jetant un coup d'oeil sur nos programmes de foresterie en Afrique — et je crois que d'autres organismes d'aide au développement ont émis la même remarque — nous constatons qu'ils se concentrent trop sur ce que l'on a appelé le seul problème du bois de chauffage. Or, on ne peut manquer de s'apercevoir, après un examen plus détaillé, que là où le bois de chauffage fait défaut, d'autres éléments des systèmes ruraux de production manquent aussi. Le bois de chauffage n'est pas aussi important pour l'agriculteur, homme ou femme, quelle que soit la taille de leur exploitation, que la nourriture, la santé des enfants, le toit au-dessus de leur tête, bref, leur survie.

C'est la nourriture qui vient en premier. Car, franchement, lorsqu'on n'a rien à faire cuire, on se moque bien de manquer ou non de bois de chauffage. Je suis persuadé que, par le passé, nous avons adopté une démarche trop sectorielle pour résoudre les problèmes d'aménagement des terres. Nous avons laissé les questions de foresterie entre les mains des forestiers, élargissant ainsi encore davantage le fossé entre l'agriculture et l'exploitation forestière.

Ce dont nous avons besoin aujourd'hui, c'est d'une intégration pragmatique de l'agriculture à la foresterie, fondée sur les systèmes traditionnels et les facteurs de production déjà utilisés par l'agriculteur : la terre, la main-d'oeuvre, le capital et la technologie utilisée quotidiennement. Ce sont les agriculteurs eux-mêmes qui, en plantant des arbres sur leur terrain parce qu'ils savent les avantages économiques immédiats qu'ils peuvent en tirer — soit grâce à l'impact direct des arbres sur la productivité agricole, soit grâce à la vente de produits forestiers tels que des

denrées, du fourrage, du bois de chauffage et des poteaux — commenceront à prendre les mesures nécessaires pour restaurer la stabilité écologique et apporter des solutions efficaces aux problèmes.

Pour réaliser cette intégration, nous devons accomplir des efforts systématiques qui nous permettront d'allier agriculture, élevage et foresterie. Notre mandat est clair : passer d'une compréhension qualitative du potentiel à une démarche quantitative, et les travaux déjà accomplis dans ce sens par l'IIAT et le CIPEA sont un exemple des efforts qu'il nous faut accomplir. L'agroforesterie est une discipline qui nous sera utile pour répondre à ces besoins mais nous devons également prendre en considération les autres dimensions du problème si nous voulons effectuer une intégration réellement pertinente et productive. Je veux parler de la question des politiques (par exemple, le régime foncier), du contexte sur le plan législatif (les codes forestiers actuels, complètement dépassés, empêchent la population de participer à la plantation d'arbres), de la structure administrative (par exemple, comment organiser des programmes agroforestiers d'extension destinés aux agriculteurs), des aspects économiques (répartition des revenus agricoles) et des questions socio-culturelles (qui travaillent dans les champs, les hommes ou les femmes ?).

À l'USAID, nous pensons que l'agroforesterie, si elle est introduite de façon progressive et rationnelle sur les exploitations et terres agricoles, pourra aider l'Afrique à faire face aux multiples aspects de son grand problème de développement : la production alimentaire. Cela signifie qu'il faudra renverser la tendance au déboisement, stabiliser et enrichir les sols, enrayer la dégradation de l'environnement. Le fruit de ces efforts sera l'éclatante promesse du développement socio-économique des nations africaines. Je suis persuadé que la «révolution verte» sera symbolisée, en Afrique, par le vert des arbres et des récoltes, produits d'une agriculture saine et durable.

Message particulier

M. Peter McPherson

Administrateur, United States Agency for International Development, Washington, DC, É.-U.

En qualité d'administrateur de la United States Agency for International Development (USAID), je m'intéresse de près à la culture en couloirs. En effet, l'agriculture sur brûlis et la jachère forestière représentent deux problèmes de développement particulièrement aigus. Les cycles raccourcis de rotation alliés à l'accroissement des populations qui exploitent des ressources limitées sur des terres fragiles sont l'une des principales causes des catastrophes environnementales et sociales. Nous sommes aujourd'hui témoins, en Afrique et ailleurs, des effets désastreux de la disparition du couvert forestier : érosion des sols, désertification, diminution de la production alimentaire par habitant. La culture en couloirs est une technique agroforestière qui semble pleine de promesses.

Je crois réellement que la culture en couloirs est très prometteuse. C'est pourquoi je suis heureux d'apprendre que l'IITA a été le premier organisme à élaborer un plan de création d'un ou plusieurs réseaux de mise à l'essai de la culture en couloirs sur des champs situés dans diverses zones écologiques d'Afrique.

J'encourage vivement la collaboration entre les centres de recherche agricole, les organismes d'aide au développement et les institutions nationales, afin que soient mises au point des technologies viables de culture en couloirs. Si nous voulons nourrir la population sans cesse croissante du globe, nous devons impérativement accroître et maintenir la production agricole des milieux fragiles et peu productifs où l'on pratique l'agriculture sur brûlis.

Je me réjouis de connaître bientôt le plan d'action auquel aboutiront les travaux de ce colloque et qui fera progresser la technique de la culture en couloirs pour le plus grand bien de toute l'humanité. Je souhaite que des discussions des cinq jours à venir surgisse la lumière.

Partie 2

Aperçu général du système de culture en couloirs

La culture en couloirs adaptée à la production de cultures vivrières dans les régions tropicales humides et subhumides

B.T. Kang, A.C.B.M. van der Kruijs et D.C. Couper

Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Résumé *— L'agriculture des hauts plateaux sur les fragiles sols tropicaux nécessite des modes de production viables, durables et judicieux du point de vue écologique, qui répondent aux exigences des agriculteurs traditionnels. La culture en couloirs, technologie adaptable à n'importe quelle échelle, est l'une des méthodes les plus prometteuses sur le plan de la durabilité des sols. On a tenté de cultiver divers végétaux entre des rangées de* Gliricidia sepium *et de* Leucaena leucocephala *dans les zones tropicales humides et subhumides, sur des sols alcalins, et tous ces essais ont donné de bons résultats. Une fois élagué, le feuillage de plusieurs légumineuses arborescentes choisies, telles que* Leucaena *et* Gliricidia, *libère de fortes quantités d'azote tout en contribuant au cycle des éléments nutritifs. Ces espèces peuvent également contribuer à enrichir et préserver la matière organique du sol, accroître sa teneur en éléments nutritifs et intensifier son activité biologique. Des essais effectués à long terme ont permis de constater que le rendement de maïs était plus élevé dans les parcelles cultivées en couloirs que dans les parcelles témoins, même lorsque ces dernières avaient été enrichies d'azote.* Cassia siamea *et* Acioa barterii *sont des essences prometteuses pour la culture en couloirs sur les sols acides. La plantation de haies ralentit le ruissellement et l'érosion. En outre, si l'on s'y prend correctement, on peut mécaniser la culture en couloirs.*

Introduction

Les agronomes qui étudient la production de cultures vivrières des hauts plateaux dans les régions tropicales humides et subhumides se trouvent aujourd'hui face à un problème qu'il devient urgent de résoudre. Il leur faut trouver au plus vite des méthodes viables, durables et écologiquement judicieuses en remplacement du système séculaire de culture itinérante, de jachère forestière et d'agriculture sur brûlis. De fait, la méthode traditionnelle de production de cultures vivrières extensive, que l'on sait être stable et biologiquement efficace, ne convient que lorsqu'on dispose de suffisamment de terres pour qu'une longue période de jachère permette au sol de retrouver sa productivité, car si le cycle de culture est trop court, le sol s'épuisera rapidement.

Au cours des années, ce système a cependant été soumis à une série de

changements provoqués par divers facteurs socio-économiques, notamment la croissance démographique qui, ces dernières décennies, a atteint un taux alarmant dans de nombreux pays en développement (McNamara 1984). Il y a donc eu de moins en moins de terres à mettre en jachère, ce qui a intensifié le déboisement. Par exemple, on estime qu'au début des années 80, la forêt dense de la côte d'Afrique occidentale disparaissait au rythme de 5,1 % (703×10^3 ha) par an, en grande partie pour répondre à la demande agricole. À ce rythme, ces forêts ont une période de vie de 13 ans seulement (Brown et Wolf 1985). Au fur et à mesure que les terres productives se font rares, les petits agriculteurs sont contraints d'exploiter des sols plus fragiles, incapables de faire vivre une population nombreuse qui pratique l'agriculture de subsistance.

Déboisement et croissance démographique ont forcé les agriculteurs traditionnels à raccourcir les périodes de jachère, mettant ainsi en branle un cycle de dégradation qui a abouti à une baisse des récoltes. Cette tendance se remarque dans toutes les régions tropicales et, surtout, en Afrique. Le surpâturage et la collecte sans discernement du bois de chauffage ne font qu'intensifier la dégradation des sols. Kio (1982) affirme que le bois de chauffage et le charbon représentent à eux seuls plus de 90 % de la consommation de bois en Afrique. Selon un récent rapport du World Resources Institute (WRI 1985), cette situation, que l'on retrouve dans plusieurs pays en développement, ne s'améliorera que lorsque l'on proposera aux populations locales une méthode capable de remplacer ce mode de vie désastreux pour l'environnement.

Les technologies modernes utilisées dans les zones tempérées, que l'on a essayé d'adapter pour accroître la production de cultures vivrières de façon continue, n'ont pas toujours donné de bons résultats sur les sols fragiles des hauts plateaux. Le déclin rapide de la productivité des sols tropicaux lié à la culture continue — déclin que même l'apport d'engrais n'a pas suffi à freiner — a fait l'objet de nombreuses études (Allan 1965; Bache et Heathcote 1969; Le Mare 1972). L'échec de diverses méthodes mécanisées (Duthie 1948; Wood 1950; Baldwin 1957; Phillips 1960; Moormann et Greenland 1980) montre bien la nécessité d'une approche différente pour exploiter de manière continue les sols argileux à faible activité microorganique (Kang et Juo 1983). Lal (1975) insiste sur l'importance de l'utilisation du paillis et d'un labour réduit au strict minimum pour préserver la productivité physique des sols. Toutefois, la manipulation biologique de la matière organique des sols semble être un facteur encore plus crucial. Elle peut revêtir la forme d'un système bien structuré de mise en jachère capable de produire son propre paillis et engrais vert (Hartmans et al. 1982; Mulongoy et Kang 1985).

Étant donné l'importance et l'utilisation généralisée du système de jachère forestière qui assure la survie de très nombreuses personnes (Nair et Fernandes 1984), il sera sans doute impossible de s'en débarrasser totalement. On sait, d'autre part, que non seulement ce système permet aux sols de retrouver leur fertilité tout en éliminant les mauvaises herbes nocives, mais qu'il fournit aussi des tuteurs, du bois de chauffage, du brout et plusieurs autres matériaux dont ont besoin les agriculteurs traditionnels. Par conséquent, il devient nécessaire de mettre au point des techniques susceptibles d'améliorer, de réduire ou d'éliminer la période de jachère forestière tout en conservant ses avantages. C'est ce qui a conduit à l'élaboration d'une autre méthode : la culture en couloirs (Kang et al. 1981; Wilson et Kang 1981).

La culture en couloirs

Le système de jachère forestière, en dépit de ses avantages, présente deux gros inconvénients : l'utilisation exagérée de terres et la durée excessive de la période improductive de jachère. Young et Wright (1980) ont démontré que de longues périodes de repos étaient indispensables pour protéger la fertilité des fragiles sols tropicaux. Le rapport maximum tolérable entre la période de culture et la période de repos peut aller de 1–2 sur 20 ans en Amérique Latine à 1 sur 4 ans en Asie et en Afrique, pour les sols ultisoliques et oxisoliques. Lorsqu'il s'agit d'alfisols, ce rapport est environ de 1 sur 3 ans. On peut raccourcir la période de repos en utilisant des engrais.

En Afrique et dans d'autres régions tropicales, c'est la longue période improductive de jachère, nécessaire pour que les sols retrouvent leur fertilité, qui pose le problème majeur (Poulsen 1978). Une nouvelle technique pour améliorer les sols, celle de la culture en couloirs, qui est née, au début des années 70, des travaux de recherche effectués à l'Institut international d'agriculture tropicale (IIAT) sur des légumineuses arborescentes, a été conçue précisément pour intensifier l'utilisation des terres tout en préservant les principaux avantages de la jachère forestière (Kang et al. 1981). Dans le cadre de ce système, on cultive des espèces vivrières entre des rangées de buissons et d'arbres, de préférence des légumineuses, que l'on élague régulièrement pour empêcher que les cultures avoisinantes soient privées de lumière. Ces arbres et ces buissons en rangées conservent les fonctions qu'ils remplissaient dans le cadre du système de jachère forestière : recyclage des éléments nutritifs, production de paillis et d'engrais, suppression des mauvaises herbes, et ralentissement de l'érosion (Fig. 1). En outre, les légumineuses arborescentes sont une source d'azote. La culture en couloirs peut donc être considérée comme un système amélioré de jachère forestière (Tableau 1),

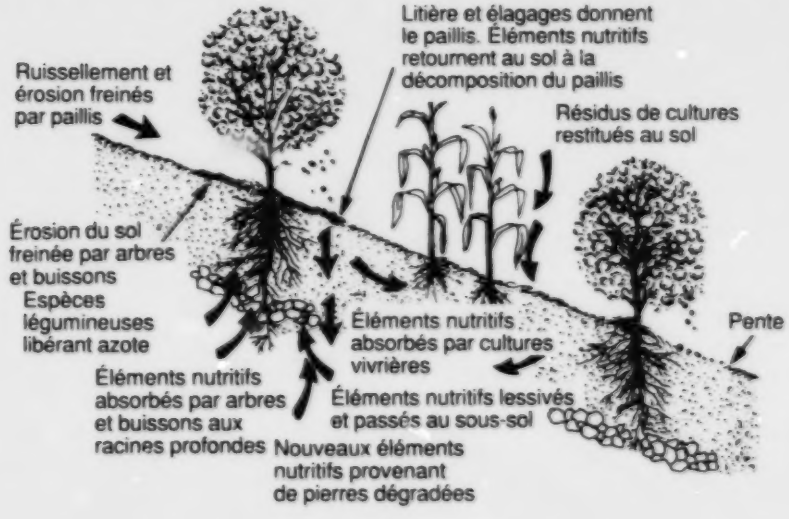

Fig. 1. La culture en couloirs.

Tableau 1. Différences de gestion entre le système traditionnel de jachère forestière et la culture en couloirs.

Jachère forestière	Culture en couloirs
• Conservation des essences mixtes, indigènes et arborescentes	• Plantation de légumineuses arborescentes choisies
• Schéma irrégulier de plantation	• Plantation en haies
• Avant la récolte, arbres et buissons sont taillés et brûlés pour libérer les éléments nutritifs	• Arbres et buissons sont régulièrement élagués ; les parties élaguées sont employées pour faire du paillis et de l'engrais naturel
• Le feu est employé pour limiter la croissance	• Les haies sont régulièrement élaguées
• Possibilité de culture à court terme	• Possibilité de culture continue

qui allie les périodes de culture et de mise en jachère pour maximiser la productivité des terres.

Pour s'assurer de la viabilité de ce système, on a entrepris, en 1976, des essais en ferme à long terme combinant cultures alimentaires et *Leucaena leucocephala* sur un entisol dégradé du campus principal de l'IIAT. Les premiers résultats ont été encourageants, et on a poursuivi les essais avec d'autres espèces arborescentes et d'autres types de cultures sur le campus d'Ibadan de l'IIAT et aux stations secondaires d'Ikenne et d'Onne. La culture en couloirs est également évaluée dans un éventail de milieux tropicaux sous d'autres noms, tels que la culture intercalaire de haies (Torres 1983) et culture entre les rangées d'arbres (Wijewardene et Waidyanatha 1984). Au début des années 80, on a aussi procédé à des essais en ferme, dans le sud et au centre du Nigéria, avec *Leucaena leucocephala* et *Gliricidia sepium*. Au cours des premiers essais, on a utilisé des rangées étroites de 2 m seulement, pour y repiquer des plants d'ignames (Ngambeki et Wilson 1984). Les agriculteurs avaient reconnu les avantages de la culture en couloirs; cependant, ils ont jugé qu'une largeur de 2 m était insuffisante. C'est pourquoi les essais suivants ont porté sur une rangée de 4 m de large. L'intégration de l'élevage de petits ruminants au système de culture en couloirs a été effectuée par le Centre international pour l'élevage en Afrique (CIPEA), à l'aide du brout supplémentaire produit par l'élagage des haies (voir Reynolds et Atta-Krah dans ce volume).

Éléments nutritifs

On connaît bien le rôle important que joue la jachère de forêt et de savane dans l'accumulation des éléments nutritifs du sol grâce à la mise en branle d'un cycle fermé. Ce rôle régénérateur est lié à la capacité des arbres et buissons aux racines profondes de recycler les éléments nutritifs des plantes tout en approvisionnant le sol en matière organique. Jaiyebo et Moore (1964) ont démontré qu'une jachère forestière était plus efficace qu'une couverture légumineuse ou herbacée pour recycler les éléments nutritifs et enrichir le sol en matières organiques. Les agriculteurs traditionnels d'Afrique conservent sur leur terrain quelques espèces arborescentes qui aident le sol à se régénérer pendant la jachère. Parmi ces espèces,

on compte *Alchornea cordifolia*, *Acioa barterii*, *Anthonata macrophylla*, *Harungana madagascariensis*, *Dialium guineense*, *Crestis ferruginea* et *Nuclea latifolia* sur les sols acides (Obi et Tuley 1973; Okigbo 1976) ainsi que *G. sepium* sur les sols alcalins (Getahun et al. 1982).

On s'est efforcé d'accroître l'efficacité de la jachère à l'aide d'essences arborescentes susceptibles d'accélérer le processus d'accumulation des éléments nutritifs. Nye et Stephens (1962) ont affirmé qu'*A. barterii*, utilisée comme jachère cultivée, accumule plus de calcium et de magnésium que la forêt secondaire naturelle. Juo et Lal (1977) ont, pour leur part, souligné que *L. leucocephala* est une essence de jachère à régénérescence spontanée qui se révèle particulièrement efficace pour enrichir le sol en matières organiques et en cations échangeables. Nye (1958) a observé que, dans la savane du nord du Ghana, *Cajanus cajan* planté en rangs serrés accumulait de plus grosses quantités d'éléments nutritifs qu'un *Andropogon* déjà établi. Dans le Brésil septentrional, Schaafhausen (1966) a affirmé avoir obtenu de bons résultats en utilisant *C. cajan* pour enrichir le sol et comme source de fourrage.

Kang et al. (1981) et Kang et Duguma (1985) ont montré que des légumineuses telles que *L. leucocephala* et *G. sepium*, plantées en haies pour les besoins de la culture en couloirs, libéraient de fortes quantités d'azote et que plus la rangée était étroite, plus la quantité d'azote était importante. Séparés par des rangées de 4 m de large et après cinq élagages annuels, *Leucaena* et *Gliricidia*, cultivés sur un alfisol dégradé, ont produit respectivement plus de 210 et 110 kg d'azote par hectare et par an. Duguma (1985) a démontré que l'on pouvait augmenter encore la production d'azote en élaguant les arbres à des niveaux plus élevés et en procédant à des élagages moins fréquents.

Les parties élaguées des haies qui ont produit une grosse quantité de biomasse (Kang et al. 1981; Atta-Krah et al. 1985) ont également favorisé le recyclage de grandes quantités d'autres éléments nutritifs des végétaux (Kang et al. 1984). Des études portant sur un alfisol dégradé ont permis de constater que la teneur en éléments nutritifs était plus élevée (Tableau 2) que sur un entisol dégradé (Kang et al. 1984).

Ce sont *Leucaena* et *Gliridicia* qui produisent le plus d'éléments nutritifs. En revanche, les essences indigènes, non légumineuses, telles qu'*Acioa* et *Alchornea* semblent moins aptes à recycler les éléments nutritifs, qu'elles produisent d'ailleurs en quantités inférieures.

Tableau 2. Rendement annuel en éléments nutritifs (kg/ha) des parties élaguées des haies (4 m entre les rangées, à l'exclusion des matériaux ligneux) de quatre essences de jachère, cultivées en couloirs sur un alfisol dégradé du Nigéria méridional.

Essences	P	K	Ca	Mg
Acioa barterii	2,0	19,7	12,3	1,9
Alchornea cordifolia	7,0	55,7	42,1	8,3
Gliricidia sepium	10,6	253,4	73,7	15,7
Leucaena leucocephala	14,6	192,8	114,9	10,7

Note : Les rendements ont été établis pendant la 3e année qui a suivi la plantation, après un total de cinq élagages.
Source : B.T. Kang (données inédites).

Le pourcentage d'éléments nutritifs produit par les parties ligneuses des diverses essences varie considérablement d'une essence à l'autre (Tableau 3). Les quantités importantes d'éléments nutrifiifs libérées au moment de l'élagage favorisent beaucoup le recyclage des éléments nutritifs dans le cadre de la culture en couloirs. Cependant, lorsque l'agriculteur emporte immédiatement les branches élaguées, le sol risque de s'appauvrir si le mode de production ne prévoit pas l'ajout d'éléments nutritifs. Comme l'explique Benge (1983), les légumineuses arborescentes, tout comme les autres arbres, doivent être correctement nourries si l'on veut qu'elles maximisent le rendement de façon durable.

La production

Le rendement des cultures

Le rendement du maïs, du manioc et du niébé cultivés en couloirs avec *Leucaena* et *Gliridicia*, sur les sols fortement alcalins des plaines tropicales humides et subhumides d'Afrique, a fait l'objet de nombreuses études (Kang et al. 1984; Atta-Krah et al. 1985). C'est effectivement la culture en couloirs qui a permis d'obtenir le rendement le plus élevé de maïs et de manioc. Selon les résultats d'études entreprises sur un entisol, on estime que *L. leucocephala*, dans une parcelle cultivée en couloirs, peut fournir près de 40 kg d'azote par hectare au maïs

Tableau 3. Teneur en éléments nutritifs de matériaux ligneux «jeunes» et «vieux» provenant de diverses essences d'arbres et de buissons multifonctionnels cultivés sur un alfisol.

Essences	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Zn (ppm)
Acioa barterii						
Jeune pousse verte	0,59	0,08	0,66	0,49	0,11	20
Tige mûre	0,55	0,07	0,57	0,30	0,14	16
Vieux bois	0,36	0,05	0,48	0,21	0,10	11
Alchornea cordifolia						
Jeune pousse verte	1,12	0,18	1,83	1,19	0,22	36
Tige mûre	0,65	0,11	1,42	—	—	18
Vieux bois	0,61	0,70	0,83	0,96	0,13	16
Gliricidia sepium						
Jeune pousse verte	1,58	0,32	1,83	0,77	0,19	31
Tige mûre	1,13	0,08	1,31	1,14	0,10	17
Vieux bois	1,01	0,05	0,87	0,97	0,12	13
Calliandra calothyrsus						
Jeune pousse verte	1,98	0,19	2,32	0,63	0,22	37
Tige mûre	0,95	0,20	1,33	0,26	0,08	24
Vieux bois	0,70	0,16	0,94	0,29	0,06	19
Leucaena leucocephala						
Jeune pousse verte	1,38	0,14	1,78	0,91	0,27	32
Tige mûre	0,71	0,06	1,02	0,49	0,11	31
Vieux bois	0,51	0,03	0,59	0,32	0,07	9

Source: B.T. Kang et H. Grimme (données inédites).

Fig. 2. Riz de montagne cultivé en couloirs.

planté à proximité (Kang et Duguma 1985). Ngambeki (1985) a également mentionné que des économies non négligeables d'engrais azoté pouvaient être réalisées lorsqu'on pratiquait la culture en couloirs du maïs avec *Leucaena*. Toutefois, on a constaté que *Leucaena* n'avait aucun effet ou avait un effet négatif sur le rendement du niébé (Kang et al. 1985; Atta-Krah et al. 1985). Les études entreprises sur un alfisol à Ikenne, dans le sud-ouest du Nigéria, ont permis de constater que le riz de montagne pouvait être cultivé en couloirs avec *Gliricidia* (Fig. 2) et *Leucaena*. Dans le dernier cas, soit avec *Leucaena*, le riz n'a pas réagi à un épandage d'engrais azoté. Toutefois, le riz de la parcelle témoin a bien répondu à un épandage de 30 kg d'azote à l'hectare.

Les essais effectués dans des conditions subhumides à Onne, dans le sud-est du Nigéria, ont montré que *Leucaena* et *Gliricidia* utilisés sur des ultisols extrêmement acides donnaient des résultats décevants. On a alors entrepris d'identifier les espèces arborescentes qui pourraient être efficaces lors de culture en couloirs sur sol acide. De récents essais ont montré que le rendement de manioc était meilleur quand on utilisait *C. siamea* et *A. barterii* (Tableau 4). Ces études sont toujours en cours.

La culture en couloirs joue en outre un rôle important dans la stabilité du rendement (Kang et Duguma 1985) et dans la régénérescence des sols dégradés (IIAT 1985). Kang et Duguma (1985) ont constaté que le rendement de maïs était plus élevé dans les parcelles qui avaient fait l'objet d'une culture en couloirs à long terme que dans les parcelles témoins, même lorsque ces dernières avaient été enrichies d'engrais azoté. Ces résultats ont été confirmés par un essai à long terme entrepris sur un alfisol dégradé (IIAT 1985). Les rendements plus élevés de maïs peuvent être en partie attribuables à l'amélioration durable des conditions

Tableau 4. Effets de la culture en couloirs du manioc avec plusieurs essences arborescentes plantées sur un ultisol à Onne (Nigéria).

Essences et traitement[a]	Récolte de manioc frais (t/ha)	
	Tige	Tubercule
Témoins		
Sans engrais	7,3	14,2
Avec engrais	10,4	16,0
Acioa barterii		
Avec élagage seulement	11,4	15,0
Avec engrais seulement	15,3	20,1
Élagages + engrais	15,0	16,0
Gmelina arborea		
Avec élagage seulement	4,1	5,4
Avec engrais seulement	2,3	3,5
Élagages + engrais	5,2	6,9
Cassia siamea		
Avec élagage seulement	7,0	13,2
Avec engrais seulement	6,7	10,7
Élagages + engrais	9,2	17,2

Note : Le manioc a été récolté 9 mois après avoir été planté.

Source : B.T. Kang, A.C.B.M. van der Kruijs et P.D. Austin (données inédites).

[a] Plantation témoin de manioc, 10 000 plants/ha ; autres traitements, 6 667 plants/ha. Proportion d'engrais, 30–13–25 kg/ha (N–P–K).

chimiques, physiques et biologiques du sol grâce à la décomposition sur place des parties élaguées.

Effets sur les propriétés du sol

Des études à long terme ont mis en relief d'importantes améliorations des conditions pédologiques dans les parcelles cultivées en couloirs (Kang et al. 1984). L'ajout périodique des parties élaguées de *Leucanea* permet au sol de s'enrichir en matières organiques et en éléments nutritifs. Selon des observations effectuées sur un alfisol dégradé à Ibadan, dans le sud-ouest du Nigéria, on a constaté une activité plus intense et plus précoce des lombrics dans les parcelles cultivées en couloirs pendant la saison des pluies. On mesure ce phénomène en évaluant la production de terricules dans les parcelles en question.

En outre, la plantation d'arbres sur des terres fragiles peut aussi jouer un rôle important dans la protection des sols. À l'aide de *Leucaena*, Metzner (1982) a réussi à augmenter et à stabiliser dans des proportions non négligeables la productivité des terres dégradées et pentues de l'île de Flores, en Indonésie. De récentes études entreprises par Kabeerathumma et al. (1985) à Kerala, dans le sud de l'Inde, ont également permis de constater une diminution très sensible du ruissellement et de l'érosion des sols grâce à la plantation de *Leucanea* dans une parcelle de manioc (Tableau 5). Parallèlement, les expériences effectuées à l'IIAT,

Tableau 5. Ruissellement de surface et érosion du sol dans le cas de plusieurs systèmes de culture multiple, sur une pente de 8,9 % à Trivandrum, Inde, de juillet à décembre.

Traitement	Ruissellement (mm)	Érosion du sol (t/ha sur 6 mois)
Jachère nue	21,6	2,37
Manioc	12,4	0,85
Bananiers	11,0	0,75
Eucalyptus	11,5	0,73
Leucaena	12,6	0,53
Bananiers + manioc	8,1	0,33
Eucalyptus + manioc	7,8	0,33
Leucaena + manioc	9,2	0,25

Note : Pluviosité totale de juillet à décembre, 252 mm.
Source : Kabeerathumma et al. (1985).

dans le cadre de la culture en couloirs mécanisée, sur des terres dégradées après défrichage au bulldozer, arrachage des racines et opérations de labour traditionnel, ont montré que la terre s'était stabilisée et enrichie par rapport au sol d'une parcelle adjacente qui avait été défrichée à la lame mince et que l'on cultivait continuellement sans labour.

Culture mécanisée

La culture en couloirs a été, à l'origine, mise au point pour des agriculteurs traditionnels. Toutefois, au cours des recherches, on a constaté que cette technique pouvait également être adaptable à toutes les échelles. On a effectué, à cette fin, des observations dans deux champs ayant chacun une superficie de plus de 2 ha. En 1983, on a semé des graines de *Leucaena* et du maïs. Les haies étaient séparées de 4,5 m pour permettre aux machines de l'IIAT de passer. Ultérieurement, on a semé du maïs et du niébé.

Dans le cadre de la culture en couloirs mécanisée, les haies doivent être fréquemment élaguées pour prévenir le réensemencement et éviter que les tiges ne deviennent trop épaisses et gênent, par la suite, l'élagage mécanisé. On utilise une tronçonneuse rotative pour élaguer les haies à hauteur du sol avant de planter du maïs ou du niébé. Ensuite, les haies sont de nouveau élaguées avant la récolte, à l'aide d'un tracteur à pneus étroits, qui a besoin d'un passage de 1,5 m de largeur. Cependant, les haies étant séparées de 4,5 m, deux tiers de la rangée seulement pouvaient être ensemencés. Par conséquent, il serait peut-être préférable de séparer les haies de 7,5 m de manière à réduire le pourcentage d'espace qui leur est réservé.

Les conditions du sol semblent également s'améliorer, ce qui permet une culture continue. La stabilité des rendements compense leur diminution. On peut réduire le coût de l'élagage des haies en utilisant des machines. Navasero (IIAT 1984) a montré qu'il fallait 6 à 7 heures pour élaguer 1 ha de haies de 4 m de largeur de *Leucaena* avec une ébroussailleuse, tandis que la même tâche, effectuée manuellement, exigeait 37 heures lorsqu'on utilisait une machette à lame épaisse. Les résultats obtenus au cours des trois ans d'observation montrent que la culture en couloirs mécanisée est tout à fait réalisable.

Références

Allan, W. 1965. The African husbandsman. Oliver and Boyd, Édimbourg, R.-U. 505 p.

Atta-Krah, A.N., Sumberg, J.E., Reynolds, L. 1985. Leguminous fodder trees in the farming system. An overview of research at the Humid Zone Programme of the International Livestock Centre for Africa in southwestern Nigeria. Centre international pour l'élevage en Afrique, Ibadan, Nigéria.

Bache, B.W., Heathcote, R.G. 1969. Long-term effects of fertilizer and manure on soil and leaves of cotton in Nigeria. Experimental Agriculture, 3, 241–247.

Baldwin, K.D.S. 1957. The Niger Agricultural Project: an experiment in African development. Blackwell Scientific Publications Ltd, Oxford, R.-U. 221 p.

Benge, M.D. 1983. The miracle tree: reality or myth? *In Leucaena* research in the Asian–Pacific region: proceedings of a workshop held in Singapore, 23–26 November 1982. Centre de recherches pour le développement international, Ottawa, Ont., Canada. IDRC-211e, 95–98.

Brown, L.R., Wolf, E.C. 1985. Reversing Africa's decline. Worldwatch Institute, Washington, DC, É.-U., Worldwatch Paper 85. 81 p.

Duguma, B. 1985. Studies of factors affecting establishment of selected tree species of potential importance in agroforestry. University of Ibadan, Ibadan, Nigéria. Thèse de doctorat. 413 p.

Duthie, D.W. 1948. Agricultural development. East African Journal, 13, 129–130.

Getahun, A., Wilson, G.F., Kang, B.T. 1982. The role of trees in farming systems in the humid tropics. *In* McDonald, L.H., éd., Agro-forestry in the African humid tropics. United Nations University, Tokyo, Japon, 28–35.

Hartmans, E.H., Kang, B.T., Wilson, G.F., Akobundu, I.O. 1982. Role of planted fallow in developing stable cropping systems. Communication présentée à la réunion sur les systèmes multiples de production de la Latin American Association of Plant Sciences (ALCA), Chapingo, Mexique, 24–26 juin 1982. ALCA, Caracas, Venezuela.

IIAT (Institut international d'agriculture tropicale). 1984. Rapport annuel, IIAT, Ibadan, Nigéria.

_____1985. Research highlights, IIAT, Ibadan, Nigéria.

Jaiyebo, E.O., Moore, A.W. 1964. Soil fertility and nutrient storage in different soil vegetation systems in a tropical rain forest environment. Tropical Agriculture, 41, 129–130.

Juo, A.S.R., Lal, R. 1977. The effects of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical properties of an Alfisol. Plant and Soil, 47, 567–568.

Kabeerathumma, S., Ghosh, S.P., Lakshmi, K.R. 1985. Soil erosion and surface runoff: multiple systems compared. Cassava Newsletter, 9, 5.

Kang, B.T., Duguma, B. 1985. Nitrogen management in alley cropping systems. *In* Kang, B.T., van der Heide, J., éd., Nitrogen management in farming systems in humid and subhumid tropics. Institute of Soil Fertility, Haren, Pays-Bas, 269–284.

Kang, B.T., Grimme, H., Lawson, T.L. 1985. Alley cropping sequentially cropped maize and cowpea with *Leucaena* on a sandy soil in southern Nigeria. Plant and Soil, 85, 267–276.

Kang, B.T., Juo, A.S.R. 1983. Management of low activity clay soils in tropical Africa for food crop production. *In* Beinroth, F.H., Neel, H., Eswaran, H., éd., Compte rendu du

4e atelier sur la classification internationale des sols, Ruanda, Administration générale de la coopération au développement, Bruxelles, Belgique, 450–470.

Kang, B.T., Wilson, G.F., Lawson, T.L. 1984. Alley cropping, a stable alternative to shifting cultivation. Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan, Nigéria. 22 p.

Kang, B.T., Wilson, G.F., Sipkens, L. 1981. Alley cropping maize (*Zea mays* L.) and *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* Lam.) in southern Nigeria. Plant and Soil, 63, 165–179.

Kio, P.R.O. 1982. Forest conservation strategies for tropical Africa. *In* MacDonald, L.H., éd., Agroforestry in the African humid tropics. United Nations University, Tokyo, Japon, 36–40.

Lal, R. 1975. Role of mulching techniques in tropical soil and water management. Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan, Nigéria, Technical Bulletin 1.

Le Mare, P.H. 1972. A long-term experiment on soil fertility and cotton yield in Tanzania. Experimental Agriculture, 8, 299–310.

McNamara, R.S. 1984. The population problem: time bomb or myth? Washington, DC, É.-U. 28 p.

Metzner, J.K. 1982. Agriculture and population pressure in Sikka, Isle of Flores. A contribution to the study of the stability of agricultural systems in the wet and dry tropics. Australian National University, Canberra, Australie. Monograph 28, 355 p.

Moormann, F.R., Greenland, D.J. 1980. Major production systems related to soil properties in humid tropical Africa. *In* Priorities for alleviating soil-related constraints to food production in the tropics. Institut international de recherche sur le riz, Los Baños, Philippines, 54–77.

Mulongoy, K., Kang, B.T. 1985. The role and potential of forage legumes in alley cropping, live mulch and rotation systems in humid and subhumid tropical Africa. *In* Haque, I., Jutzi, S., Neate, P.J.H., éd., Potential of forage legumes in farming systems of sub-Saharan Africa. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba, Éthiopie, 212–231.

Nair, K., Fernandes, E. 1984. Agroforestry as an alternative to shifting cultivation. *In* Improved production systems as an alternative to shifting cultivation. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie, 169–182.

Ngambeki, D.S. 1985. Economic evaluation of alley cropping *Leucaena* with maize–maize and maize–cowpea in southern Nigeria. Agriculture Systems, 17, 243–258.

Ngambeki, D.S., Wilson, G.F. 1984. Economic and on-farm evaluation of alley cropping with *Leucaena leucocephala* 1980–1983: progress report. Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan, Nigéria, 45 p.

Nye, P.H. 1958. The relative importance of fallow and soils in storing plant nutrients in Ghana. Journal for West African Science Association, 4, 31–49.

Nye, P.H., Stephens, D. 1962. Soil fertility. *In* Will, J.B., éd., Agriculture and land use in Ghana. Oxford University Press, Londres, R.-U., 127–143.

Obi, J.K., Tuley, P. 1973. The bush fallow and ley farming in the oil palm belt of southeastern Nigeria. Land Resources Division, Overseas Development Administration, Londres, R.-U. Miscellaneous Report 161.

Okigbo, B.N. 1976. Role of legumes in small holdings of the humid tropics. *In* Vincent, J.M., Whitney, A.S., Bose, J., éd., Exploiting the legume–rhizobium symbiosis in tropical agriculture. Département d'agronomie et de pédologie, University of Hawaii, Honolulu, HI, É.-U. Publication 145, 97–117.

Phillips, J.F.V. 1960. Agriculture and ecology in Africa, Praeger Publishers, Inc., New York, NY, É.-U. 243 p.

Poulsen, G. 1981. L'homme et l'arbre en Afrique tropicale : trois essais sur le rôle des arbres dans l'environnement africain. Centre de recherches pour le développement international, Ottawa, Ont., Canada, IDRC-101f, 31 p.

Schaafhausen, R.M. 1966. Fotos que falam sobre leguminosas tropicais. Separata da revista. Sirel Agricola, 74.

Torres, F. 1983. Potential contribution of *Leucaena* hedgerows intercropped with maize for the production of organic nitrogen and fuelwood in the lowland humid tropics. Agroforestry Systems, 1, 323–333.

Wijewardene, R., Waidyanatha, P. 1984. Conservation farming. Ministère de l'Agriculture, Paradeniya, Sri Lanka, 40 p.

Wilson, G.F., Kang, B.T. 1981. Developing stable and productive biological cropping systems for the humid tropics. *In* Stonehouse, B., éd., Biological husbandry: a scientific approach to organic farming. Butterworth & Co, (Publishers) Ltd, Londres, R.-U., 193–203.

Wood, A. 1950. The groundnut affair. The Bodley Head Ltd, Londres, R.-U. 254 p.

WRI (World Resources Institute). 1985. Tropical forests: a call for action. Part I. The plan. WRI, Washington, DC, É.-U.

Young, A., Wright, A.C.S. 1980. Rest period requirements of tropical and subtropical soils under annual crops. *In* Land resources for populations of the future. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie, 197–268.

La culture en couloirs associée à l'élevage

L. Reynolds et A.N. Atta-Krah

Centre international pour l'élevage en Afrique, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Résumé *— La culture en couloirs est une méthode d'exploitation agricole, judicieuse sur le plan écologique, qui nécessite une faible mise de fonds et qui permet d'allier culture et élevage. Leucaena leucocephala et Gliricidia sepium ont été cultivées pour obtenir un paillis destiné à améliorer et stabiliser les récoltes ainsi qu'un fourrage recueilli sur place pour augmenter la productivité du bétail. Nous étudierons ici les besoins en feuillage des récoltes, d'une part, et du bétail, d'autre part, dans une parcelle cultivée en couloirs ainsi que les avantages éventuels d'un système de jachère où peut paître le bétail. Nous décrirons également un système plus intensif de production d'arbres pour nourrir les animaux. Les essais en ferme effectués dans le sud du Nigéria ont démontré que la culture en couloirs pouvait parfaitement convenir aux petits agriculteurs.*

Introduction

En matière de développement agricole, on rencontre autant de causes d'échec que de projets. Toutefois, il est possible d'identifier un facteur d'échec commun. Les interventions des chercheurs, pourtant viables sur le plan technique, ont échoué parce qu'elles n'ont pas survécu à leur transfert en milieu villageois. En fait, on n'a pas compris le système agricole ni les contraintes imposées dans le contexte social de la communauté. Les petits agriculteurs ont souvent beaucoup de difficulté à se procurer engrais, herbicides et produits vétérinaires. C'est pourquoi les chercheurs doivent aussi considérer les ressources disponibles sur place.

Le but de la recherche qui tient compte des méthodes existantes est précisément de s'assurer que les interventions seront bien accueillies par les communautés auxquelles elles s'adressent. Le cycle des essais comporte de nombreuses variantes : essais en station, essais en ferme, essais dirigés par les chercheurs et essais dirigés par les agriculteurs. Le Programme des zones humides (PZH) du Centre international pour l'élevage en Afrique (CIPEA) a été réalisé en cinq étapes :

- études de base pour comprendre le système d'exploitation agricole;
- identification des obstacles;
- identification des solutions possibles;
- mise à l'essai des solutions en station et en ferme;

- évaluation et modification des interventions.

Au cours de la phase initiale du projet, on s'efforce surtout de comprendre le système en vigueur tout en identifiant les contraintes. Par conséquent, les solutions devraient être pertinentes et adaptées aux communautés visées. Il est indispensable pour les besoins de la stratégie du CIPEA que les recherches effectuées en station et les essais en ferme soient étroitement coordonnés. Il convient également de former très tôt les vulgarisateurs qui se chargeront du travail sur les fermes afin que la transition se fasse progressivement, sans heurts, et sous l'égide d'organismes nationaux. L'équipe du PZH est composée d'un zoologue, d'un vétérinaire, d'un agronome, d'un spécialiste de l'agroforesterie et d'un socio-économiste afin de répondre aux besoins pluridisciplinaires de la recherche agricole.

La culture en couloirs a été mise au point en Afrique au cours des années 70 par l'Institut international d'agriculture tropicale (IIAT) pour remplacer la culture itinérante (Kang et al. 1984). Le CIPEA a élargi le concept de culture en couloirs pour y inclure l'élevage — une partie du feuillage recueilli sur place est utilisé comme fourrage — et c'est ce qu'on a appelé l'agriculture en couloirs (Okali et Sumberg 1985). Notre exposé portera principalement sur l'intégration de l'élevage à la culture en couloirs et sur les recherches entreprises par le CIPEA dans le domaine.

Les méthodes d'exploitation agricole dans le sud du Nigéria

On a étudié ces méthodes dans deux régions différentes, soit le sud-ouest et le sud-est du Nigéria, où le système le plus couramment employé est celui de la culture itinérante. Dans certaines zones, la croissance démographique et les besoins en terres sans cesse grandissants ont entraîné un raccourcissement de la période traditionnelle de jachère, et donc un déclin progressif de la fertilité des sols et du rendement des cultures. Le maïs, le manioc et l'igname sont les principales récoltes tandis que l'élevage n'est qu'une activité secondaire ne contribuant que pour 5 % environ au revenu total de l'exploitation agricole. Les petits ruminants prédominent, avec une moyenne de 2 à 4 animaux par ménage.

Dans le sud-ouest, les agriculteurs exploitent plusieurs petits champs pendant 4 ou 5 ans avant de les mettre en jachère pendant une période plus ou moins équivalente. Toutefois, les exploitants des régions boisées accordent plus d'importance à la jachère que les habitants de la savane de dégradation (B. Herren-Gemmil, communication personnelle). Les animaux se promènent en liberté sur l'exploitation, se nourrissant de végétaux sauvages, de déchets domestiques et des sous-produits de la transformation des aliments (Carew 1981; Sempeho 1985). La surface de terrain utilisable pour la culture ne présente généralement aucun problème et les champs sont séparés de la ferme par un anneau en friche que les animaux ne franchissent pas.

Dans le sud-est, en revanche, où la population est plus dense, les terres disponibles sont limitées. Les exploitations agricoles sont habituellement de plus petite taille et, dans les fermes d'enclos, les animaux sont soit stabulés, soit entravés à proximité de l'habitation pour éviter qu'ils n'endommagent les jeunes pousses cultivées (Mack et al. 1984). L'agriculteur se charge de nourrir le bétail à

l'aide de brout récolté dans la savane, de résidus de cultures, de déchets domestiques et de sous-produits de la transformation des aliments. C'est l'épluchure de manioc que l'on utilise le plus couramment pour nourrir le bétail. On constate que la productivité des chèvres stabulées et entravées du sud-est est inférieure à celle des chèvres en liberté du sud-ouest (Adeoye 1985).

Les obstacles

Le raccourcissement des périodes de jachère est accompagné d'une plus faible teneur du sol en éléments nutritifs et d'une baisse du rendement des cultures. Toutefois, il est possible de renverser cette tendance grâce à un système d'exploitation qui permet au sol de se régénérer plus rapidement, et élimine ou réduit la nécessité de longues périodes de jachère. C'est la culture qui demeure la principale activité et, tant que l'élevage occupera une place secondaire, il est peu probable que les agriculteurs consacreront du temps, des terres et de l'argent à améliorer la productivité de leur bétail. Les techniques qui améliorent la fertilité du sol et la production agricole tout en procurant du fourrage supplémentaire ont donc plus de chances d'être bien accueillies.

Le taux élevé de mortalité au cours de la première année est sans doute le principal obstacle à une meilleure productivité du bétail. La peste des petits ruminants (PPR) pose un grave problème et c'est pourquoi l'on a mis au point un vaccin à partir d'une culture tissulaire de peste bovine (Opasina 1984). Second grand obstacle : la qualité et la quantité du fourrage, dans le cas notamment des animaux stabulés et entravés du sud-est du Nigéria. Dans le sud-ouest, la qualité de la nourriture est médiocre pendant la saison sèche et, le taux de mortalité due à la PPR ayant baissé, on prévoit que la nourriture sera insuffisante face à l'augmentation de la population bovine.

Autre point : les animaux sous-alimentés risquent davantage de contracter des maladies; on a donc entrepris de rechercher une source de fourrage de haute qualité, bon marché et disponible toute l'année.

Les solutions possibles

La création de pâturages, avec et sans légumineuses herbacées, a été envisagée puis rejetée en raison des exigences de gestion des terres et des risques de maladies végétales (anthracnose) et animales (vers). On a alors pensé à planter les légumineuses arborescentes qui, comme l'avait démontré l'IIAT, pouvaient améliorer la fertilité des sols et accroître le rendement (Kang et al. 1981; Wilson et Kang 1981). L'objectif était d'adapter des méthodes d'exploitation qui permettent de préserver la fertilité des sols pendant la culture, d'éliminer la longue période de jachère nécessaire dans le cadre de l'agriculture traditionnelle et de libérer les terres en jachère de manière à pouvoir les mettre en culture continue et assurer la stabilité du rendement. Cependant, les légumineuses arborescentes pourraient également nourrir les animaux, et donc permettre aux agriculteurs de résoudre le problème de l'alimentation du bétail pendant la saison sèche.

Dans le sud-ouest du Nigéria, les agriculteurs disposent d'assez de terres pour cultiver en couloirs des parcelles d'une superficie suffisante pour assurer la récolte du fourrage supplémentaire pendant toute l'année. Tel n'est cependant pas le cas

des exploitations agricoles du sud-est, dont la superficie est beaucoup plus réduite. On a donc mis au point un système avec utilisation plus intensive des arbres, pour pallier ce problème de superficie. Cette méthode d'exploitation prévoit la création d'une petite parcelle de culture intensive des plantes fourragères (10 × 20 m) proche de l'habitation, plantée d'arbres séparés par de l'herbe, et constituant une source aisément accessible de fourrage supplémentaire.

D'après les études de l'IIAT sur la fertilité des sols et le rendement des cultures, les deux légumineuses arborescentes les plus prometteuses sont *Leucaena leucocephala* et *Gliricidia sepium*. Une combinaison de ces deux arbres, plantés dans des parcelles cultivées en couloirs et dans des parcelles de cultures intensives, permettrait d'offrir au bétail un feuillage mixte et réduirait l'éventuelle toxicité de grosses portions de *Leucaena*. Bien que *Gliricidia* soit une espèce moins productive que *Leucaena*, elle ne semble pas présenter le moindre degré de toxicité pour le bétail. Par conséquent, ces deux arbres se complètent fort bien et constituent une source de fourrage très intéressante. On a constaté que des rangées intercalées de ces deux espèces pouvaient être élaguées 5 ou 6 fois par an, dès que les arbres atteignent 1,5 m de hauteur. Une partie du feuillage pourrait être immédiatement recueillie pour servir de fourrage. Les agriculteurs auraient également la possibilité d'utiliser les branches comme paillis. Enfin, la majeure partie du feuillage élagué pourrait servir de paillis pendant la saison humide et être surtout employé pour nourrir les animaux pendant la saison sèche.

L'agriculteur n'aurait alors rien à débourser, aucun matériel à acheter, aucun prêt à solliciter. Pendant les essais sur en ferme et les étapes de mise au point, le CIPEA fournirait les semences et agirait à titre de conseiller. L'agriculteur, quant à lui, n'aurait qu'à fournir la terre et la main-d'oeuvre. En fait, la main-d'oeuvre serait le seul élément de production qui incomberait réellement à l'agriculteur.

Essais en station

On a analysé les avantages comparés de 25 légumineuses fourragères, y compris *Leucaena* et *Gliricidia*. Les qualités recherchées étaient les suivantes : facilité de plantation et d'exploitation, facilité de croissance et de repousse, caractère vivace, goût et propriétés sur le plan nutritif. Parmi toutes les espèces soumises aux essais, *Leucaena* et *Gliricidia* se sont révélées les plus productives mais le goût de *Leucaena* semble avoir davantage plu au bétail. Avec une teneur protéinique brute de plus de 20 %, et une production assurée de fourrage frais toute l'année, les deux espèces méritaient qu'on les étudie d'un peu plus près.

Peu d'études avaient porté sur *Gliricidia*, jusqu'alors. En 1983, le CIPEA a recueilli 49 échantillons de *Gliricidia* en Amérique centrale, en collaboration avec le Centre de recherches et de formation en agriculture tropicale (CATIE, Turrialba, Costa Rica). À partir de ces échantillons, on a choisi quatre souches à haut rendement qui semblaient plus productives que l'espèce de *Gliricidia* originaire de la région d'Ibadan (Sumberg 1985). Habituellement, cette plante faisait l'objet d'un tuteurage mais ce système présentait deux grands inconvénients. Tout d'abord, les arbres à racines peu profondes étaient facilement renversés par le bétail et souffraient d'un manque d'eau pendant la saison sèche. Deuxième problème : près de 25 t de tuteurs étaient nécessaires pour planter 1 ha cultivé en couloirs, avec des rangées d'arbres séparées de 4 m. L'ensemencement n'avait pas été envisagé

jusqu'alors : de fait, en séchant, les gousses mûres éclatent, éparpillant les semences. On a donc eu recours à la solution suivante : recueillir les gousses sur les arbres, avant qu'elles sèchent. On a alors constaté que les graines germaient bien et *Gliricidia* a pu être ensemencé. Lorsqu'on a comparé, au bout de deux ans, les plants ensemencés avec ceux qui avaient fait l'objet d'un tuteurage, on a constaté que les premiers étaient tout aussi productifs que les seconds.

Étant donné l'importance des cultures par rapport à l'élevage dans la région d'Ibadan, il est plus que probable que l'amélioration des rendements aidera grandement à faire accepter le système de la culture en couloirs par les agriculteurs. La méthode traditionnelle, qui comporte plusieurs années successives de culture, entraîne une baisse possible de la productivité des terres, à mesure que le sol s'appauvrit en éléments nutritifs. Les recherches entreprises par le CIPEA ont confirmé les résultats d'essais semblables effectués par l'IIAT (Kang et al. 1984), et montré la supériorité de la culture en couloirs par rapport à la méthode traditionnelle (Tableau 1). Les parties élaguées des arbres (feuilles et branches flexibles) contiennent 2,9 % d'azote lorsque mélangées à une matière sèche. Quand les rangées d'arbres sont séparées de 4 m et que les arbres d'une même rangée sont plantés à 25 cm les uns des autres, on obtient près de 6 t/ha de matière sèche, soit 174 g d'azote à l'hectare (Tableau 2). Épandu en surface, 1 kg de paillis azoté permettra de produire près de 5 kg de plus de maïs. Si on l'enterre, il produira 10 kg de maïs (Kang et al. 1981).

Le Centre international pour l'élevage en Afrique a émis la proposition que du feuillage élagué soit surtout utilisé pour stabiliser le rendement des cultures et que le reste serve de fourrage ou soit employé pour élever encore le rendement au-delà du niveau de base. Un modèle fondé sur les données expérimentales et enregistrées sur le terrain pour quantifier les avantages de la culture en couloirs a été conçu par Sumberg et al.(1985). Supposons que le rendement de base de maïs soit de 2 t/ha, décroissant de 20 % annuellement en raison de l'appauvrissement du sol, la quantité de paillis azoté nécessaire pour produire 400 kg supplémentaires de maïs permettrait alors de maintenir la production à son niveau de base (c'est-à-dire 80 kg de paillis azoté, à raison de 5 kg de maïs par kg de paillis azoté). Par conséquent, 2,8 t de matière sèche contenant 2,9 % d'azote seraient nécessaires pour maintenir le rendement annuel à 2 t/ha. Avec une production annuelle de 6 t de matière sèche à l'hectare, le supplément (que l'on pourrait utiliser soit comme paillis, soit comme fourrage) serait de 3,2 t/ha.

Bien entendu, les arbres ne devront pas être exploités de la même manière s'ils sont surtout destinés à nourrir le bétail. Pour former du paillis, on peut élaguer tous les arbres simultanément alors qu'il faut procéder par étapes lorsqu'on veut

Tableau 1. Rendement de la première saison du maïs (t/ha) cultivé selon la méthode traditionnelle et cultivé en couloirs à Ibadan (1983–1985) au cours d'essais effectués en station.

	1983	1984	1985	Mean
Culture traditionnelle (sans arbres)	1,86	2,17	2,13	2,05
Culture en couloirs continue	2,17	3,06	2,41	2,55

Tableau 2. Rendement en paillis solide (PS) et en azote de *Leucaena* (plantés en 1982) et de *Gliricidia* (plantés en 1983) dans une parcelle cultivée en couloirs à Ibadan (1983–1985) au cours d'essais effectués en station.

	Leucaena		*Gliricidia*	
	PS (t/ha)	Azote (kg/ha)	PS (t/ha)	Azote (kg/ha)
1983				
Première saison	2,78	97	—	—
Deuxième saison	3,00	69	—	—
1984				
Première saison	4,19	112	3,05	104
Deuxième saison	2,19	54	2,83	83
1985				
Première saison	5,34	116	2,98	98
Deuxième saison	1,44	49	2,83	77
Moyenne annuelle	6,31	166	5,84	181

recueillir du fourrage. Supposons une consommation quotidienne équivalant à 4 % du poids de l'animal. Une chèvre de 15 kg ayant besoin de 600 g de matière sèche par jour, si le brout complémentaire fourni par les arbres constitue 50 % de la consommation quotidienne, l'éleveur aura besoin de 300 g de matière sèche par tête de bétail. Dans cet exemple , le feuillage supplémentaire d'une parcelle d'un ha pourrait contribuer à nourrir 29 chèvres par an.

On a également étudié l'intégration d'une jachère de deux ans à la culture en couloirs avec *Leucaena*. Les animaux pouvaient consommer la repousse naturelle entre les arbres pendant la période de repos. On a découvert que les chèvres dépouillaient les arbres de leur écorce, aussi a-t-on décidé de faire porter l'étude sur les moutons. Mais on s'est aperçu que les moutons aussi endommageaient l'écorce, ce qui n'a pas été sans créer quelques problèmes. Après les premières pluies, la repousse est vigoureuse. Les animaux répugnent à pénétrer dans les hautes herbes (mélangées aux mauvaises herbes), et préfèrent demeurer en périphérie, sur un terrain abondamment piétiné. On a alors taillé à la main les repousses. Un peu plus tard dans l'année, l'ombre des feuilles des arbres a privé de lumière de nombreuses plantes, décourageant ainsi la repousse et il ne restait plus grand-chose au sol dont auraient pu se nourrir les animaux. Ils ont donc commencé à manger davantage de *Leucaena*. C'est alors que des signes d'empoisonnement à la mimosine sont apparus. Pour toutes ces raisons, il est donc fort peu conseillé de laisser les petits ruminants paître sur les parcelles cultivées en couloirs pendant la période de jachère.

Lorsqu'il a été temps de recommencer à produire du maïs, on a constaté que le rendement était de 75 % supérieur à celui de parcelles cultivées de façon continue à la manière traditionnelle et 30 % plus élevé que celui de parcelles cultivées en couloirs de façon continue (Tableau 3). Ces essais n'ont toutefois pas permis d'établir une distinction entre l'amélioration du rendement produite par la présence du bétail et les avantages de la mise en jachère. Les effets des différentes périodes

Tableau 3. Rendement du maïs (t/ha) (1985) d'une parcelle cultivée selon la méthode traditionnelle, d'une parcelle cultivée en couloirs et d'une parcelle cultivée en couloirs après 2 ans de jachère pâturée, à Ibadan, au cours d'essais en station.

Méthode de culture	Première saison	Deuxième saison	Total
Méthode traditionnelle (sans arbres)	2,13	0,93	3,06
Culture en couloirs continue	2,41	1,70	4,11
Culture en couloirs après jachère	3,30	2,04	5,34

de culture et de jachère dans les parcelles cultivées en couloirs méritent une étude plus approfondie.

Des observations préliminaires ont été effectuées sur diverses combinaisons d'arbres et d'espèces herbacées, tout spécialement conçues pour intensifier la production de fourrage sur une petite surface (10 × 20 m) dans les régions très peuplées du sud-est du Nigéria. Pendant la première année, la production de feuillage a été plus élevée (9,85 t de matière sèche/ha) lorsque les rangées d'arbres étaient espacées de 4 m, chaque allée étant plantée de 4 rangées d'espèces herbacées. Le rendement brut en protéines (493 kg de matière sèche/ha) a été plus élevé lorsque les rangées d'arbres étaient seulement espacées de 2,5 m, chaque allée étant plantée de 2 rangées d'espèces herbacées. Au cours de la première année, la production d'une parcelle de 0,02 ha aurait été suffisante pour fournir 25 % de la consommation journalière de 3,6 petits ruminants. On s'attend à ce que la deuxième année, les arbres soient encore plus productifs.

Les effets de l'espacement des rangées dans les parcelles uniquement plantées d'arbres (espacements de 0,5 à 2 m) sont également sous étude. Pendant l'année de plantation, on obtient le rendement le plus élevé à l'hectare lorsqu'on plante les rangées d'arbres à 0,5 m les unes des autres. Duguma (1985) a étudié les effets de la hauteur à laquelle on élague les arbres ainsi que la fréquence d'élagage des haies. Il semble que les arbres soient plus productifs lorsqu'on les élague seulement au-dessus d'1 m, environ tous les 6 mois. On a également constaté que pendant les mois pluvieux (avril à septembre), la production de matière sèche était presque deux fois plus élevée qu'entre octobre et mars. Les observations en ferme ont montré que les agriculteurs n'enterrent pas dans les parcelles les déchets de fourrage; aussi, on étudie actuellement les effets à long terme de l'enlèvement continu de feuillage sur les éléments nutritifs du sol.

Outre la production de feuillage et la mise au point de méthodes efficaces de gestion en station, le CIPEA a aussi étudié les effets de l'utilisation d'un brout constitué d'un mélange de *Leucaena–Gliricidia*, recueilli pour nourrir le bétail. Une consommation quotidienne de 450 g supplémentaires de matière sèche par brebis enceinte ou en période de lactation a accru l'indice de productivité (kilogrammes de progéniture sevrée par brebis et par an) de 55 % par rapport aux brebis qui recevaient la quantité habituelle de *Panicum maximum* (Reynolds et Adeoye 1985). Bien qu'il soit évident que le brout composé de *Leucaena–Gliricidia* accroisse la productivité du bétail, il convient de noter que l'alimentation à base de *Panicum* est de qualité beaucoup plus médiocre que celle que se procurent les animaux laissés en liberté. On a relevé un indice de productivité des moutons équivalant à 10,3 kg de progéniture sevrée par brebis et par an (Mack

1983) — ce qui correspond à un indice de consommation, calculé chez les moutons de la station, de 270 g de brout sec par tête et par jour. La consommation de 180 g supplémentaires a permis d'élever l'indice de productivité de 20 % et rien n'a indiqué que cette progression ralentissait au fur et à mesure qu'on augmentait la consommation.

Les moutons auxquels on avait fourni de fortes quantités de brout ont présenté des signes d'intoxication à la mimosine (perte de pilosité faciale). Pourtant, au cours des expériences, le troupeau entier était nourri simultanément et l'on soupçonne les animaux dominants d'avoir mangé plus que leur part de *Leucaena*, dont le goût est plus agréable que celui de *Gliricidia*. Lorsqu'on a refait l'expérience en nourrissant individuellement chaque animal, aucun signe d'intoxication ne s'est manifesté, alors que les quantités consommées par tête étaient tout à fait identiques aux quantités offertes au cours de l'expérience précédente. On entreprendra sous peu une étude plus approfondie des effets des micro-organismes du rumen qui pourraient neutraliser la toxicité de la mimosine chez les chèvres et les moutons nains de l'Afrique occidentale.

Essais en ferme

Les essais d'agriculture en couloirs et de parcelles de cultures intensives visaient une clientèle particulière : les exploitants qui préféraient s'en tenir à l'élevage de petits ruminants. Ces agriculteurs n'avaient pas besoin d'argent supplémentaire pour instaurer un système de culture en couloirs et, par conséquent, n'étaient pas contraints de solliciter des prêts. Le CIPEA leur a fourni tous les conseils voulus ainsi que les semences des arbres tout en leur permettant de modifier les interventions pour les adapter aux circonstances. Des arbres ont été plantés près de plusieurs combinaisons de cultures vivrières mais les observations ont permis de constater que c'était en les plantant avec du maïs de première saison qu'on obtenait les arbres les plus vigoureux. Le manioc mûr donnait trop d'ombrage et les tiges d'ignames avaient tendance à étouffer les plants d'arbres (voir Atta-Krah et Francis, dans ce volume). Le nombre d'exploitations cultivées en couloirs est passé de 2 en 1981 à 100 en décembre 1985. En 1986, 40 autres agriculteurs des villages voisins ont réclamé des semences pour cultiver leurs parcelles en couloirs. Il est donc évident que la production de grosses quantités de semences de *Leucaena* et de *Gliricidia* est une condition *sine qua non* de l'expansion de la culture en couloirs sous les auspices des organismes nationaux.

La stratégie du CIPEA faisait état d'une phase importante, soit l'évaluation des travaux accomplis en ferme ou en station. Au cours de la première année, les agriculteurs ont planté des arbres tous les quatre billons de cultures vivrières. Au cours de la deuxième année, après séparation des billons, les arbres sont demeurés dans le sillon, les rangées d'arbres étant séparées de quatre billons. Au cours des années suivantes, toutefois, le nombre de billons créés par les agriculteurs a oscillé entre trois et quatre, entre chaque rangée d'arbres (Fig. 1). On étudie actuellement les répercussions de ce phénomène. Certains agriculteurs ont fait labourer leur parcelle à l'aide d'un tracteur et, dans certains cas, des rangées d'arbres ont été accidentellement détruites au cours de la première année. Pour éviter que cela se reproduise, les agriculteurs qui ont l'intention d'utiliser un tracteur espacent maintenant les rangées d'arbres de 5 m au lieu de 4.

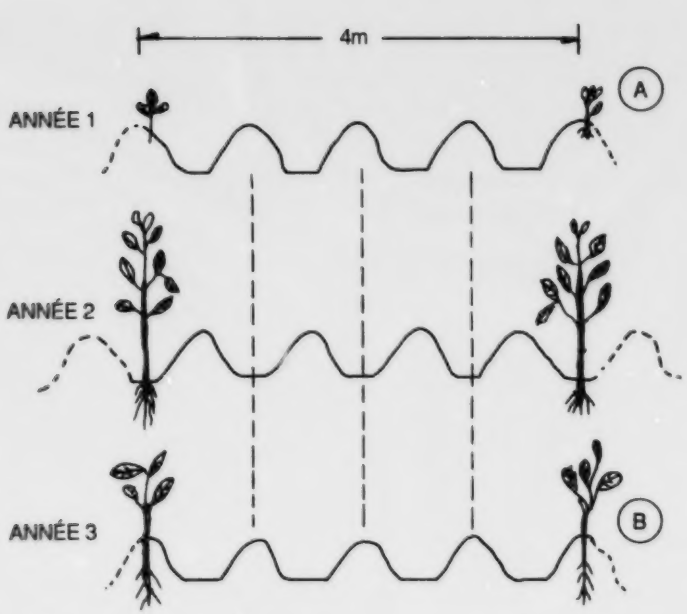

Fig. 1. Mouvement des billons dans une rangée cultivée par un agriculteur. A, plant d'arbre situé sur le même billon que le maïs; B, arbre.

Vers la fin de la saison des pluies, 25 % des agriculteurs dont les arbres avaient 1 an, fournissaient régulièrement à leur bétail un brout mixte provenant de la parcelle cultivée en couloirs. On prévoyait que davantage d'agriculteurs nourriraient ainsi leurs animaux pendant la saison sèche. Toutefois, ces prévisions ne se sont pas réalisées.

Dans les États d'Anambra et d'Imo, au sud-est du Nigéria, 92 % des ménages doivent stabuler leur bétail et 80 % doivent l'entraver, tout au moins pendant une partie de l'année (Tableau 4). Ce phénomène étant relativement récent, les agriculteurs ne semblent pas avoir mis au point de système d'affouragement pour les animaux stabulés ou entravés. Lorsque le CIPEA a commencé ses essais sur la culture en couloirs, offrir de l'herbe au bétail stabulé ou entravé était une pratique peu répandue parmi les agriculteurs. Ils reconnaissaient qu'il était difficile d'aller recueillir quotidiennement du brout dans la savane, aussi l'idée de planter des

Tableau 4. Répartition des animaux en liberté et entravés (% de ménages) dans quatre États du Nigéria méridional.

	Anambra	Imo	Rivers	Bend.
Entravés toute l'année	65	38	11	9
Entravés seulement pendant la saison des récoltes	27	42	0	12
Laissés en liberté	8	20	89	79

Source: Okali et Sumberg (1985).

arbres qui serviraient de fourrage a-t-elle été accueillie favorablement. Au départ, on a surtout mis l'accent sur les parcelles de cultures intensives en raison de l'exiguïté des exploitations agricoles — contrainte majeure que les études préliminaires avaient mise en lumière. Cependant, si des agriculteurs ont choisi de planter des parcelles de cultures intensives, un nombre presque égal a opté pour la culture des parcelles en couloirs. Aussi réévalue-t-on actuellement l'importance que l'on a attribuée, dans le sud-est du Nigéria, aux parcelles de cultures intensives. Peu d'agriculteurs ont été en mesure de consacrer les 0,02 ha recommandés pour les parcelles de cultures intensives et une bonne partie des terres, destinée à d'autres usages dans l'avenir, n'était vacante que temporairement. En outre, la superficie moyenne d'une parcelle de culture intensive (0,01 ha) s'est révélée insuffisante pour compléter l'alimentation de 2 à 4 petits ruminants (effectif habituel du troupeau) pendant toute l'année. On devra donc étudier de plus près le moyen de compléter l'alimentation des femelles enceintes et en période de lactation, et analyser de façon plus approfondie les possibilités d'approvisionnement en fourrage pendant la saison sèche.

L'amélioration de la production agricole en Afrique repose sur la mise au point d'une technologie pertinente et de mécanismes efficaces qui permettent d'adapter à la petite exploitation agricole cette technologie élaborée par les instituts de recherche. La technique de la culture en couloirs répond aux exigences et aux besoins écologiques. De par ses deux grands avantages — la préservation de la fertilité des sols et l'amélioration de l'utilisation des terres — elle convient bien aux régions humides et subhumides de l'Afrique tropicale, où les sols sont généralement soumis à rude épreuve, peu fertiles et structurellement fragiles. En outre, la possibilité d'associer l'élevage à la culture grâce à la méthode de la culture en couloirs ouvre de nouveaux horizons aux agriculteurs qui combinent cultures et bétail — ce qui, dans ces régions, est le cas de la plupart d'entre eux. Toutefois, ils ont tendance à compartimenter ces deux activités. Et c'est là un autre grand atout de la culture en couloirs, qui permet de les associer, pour le plus grand bénéfice et des cultures et du bétail.

Les essais effectués en station ont révélé que le rendement des cultures pouvait être stabilisé, et même amélioré en utilisant le paillis formé à partir des rangées d'arbres de la parcelle cultivée en couloirs. L'ajout d'une période de jachère semble stimuler encore davantage la production, et il convient d'étudier de plus près les effets de courtes jachères. En outre, on augmente la consommation de protéines des petits ruminants lorsqu'on complète leur alimentation à l'aide du feuillage des arbres — ce qui est particulièrement important pour les animaux stabulés pendant la saison sèche.

Les travaux effectués en ferme, dans le sud du Nigéria, ont démontré que la culture en couloirs était favorablement accueillie par les villageois. Cette intervention pourrait fort bien profiter à d'autres régions d'Afrique. Toutefois, il faudra étudier les adaptations et modifications de la culture en couloirs qui s'avéreront nécessaires dans d'autres pays pour répondre aux exigences locales.

Les organismes nationaux devraient participer plus étroitement aux recherches, à la mise au point des techniques et aux efforts pour élargir le champ d'application de la culture en couloirs et favoriser son adoption. Dans ce but, il est indispensable de former des équipes locales et le CIPEA est prêt à fournir son assistance. La production de semences sur une grande échelle sera également nécessaire et il faudrait encourager les institutions nationales à acquérir leurs propres capacités de

production. Il convient donc — et c'est là un point très important — d'identifier les meilleures espèces d'arbre avant de les mettre à l'essai au niveau local.

Références

Adeoye, S.A.O. 1985. Performance of free roaming West African dwarf goats raised in villages in southern Nigeria. Centre international pour l'élevage en Afrique, Ibadan, Nigéria, Document du Programme des zones humides. 38 p.

Carew, B.A.R. 1981. Small ruminant nutrition in a village setting. Centre international pour l'élevage en Afrique, Ibadan, Nigéria. Document du Programme des zones humides. 16 p.

Duguma, B. 1985. Studies on factors affecting establishment of selected tree species of potential importance in agroforestry. Department of Forest Resources Management, University of Ibadan, Ibadan, Nigéria. Thèse de doctorat. 413 p.

Kang, B.T., Sipkens, L., Wilson, G.F., Nangju, D. 1981. Leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) prunings as a nitrogen source for maize (*Zea mays* L.). Fertilizer Research, 2, 279–287.

Kang, B.T., Wilson, G.F., Lawson, T.L. 1984. Alley cropping, a stable alternative to shifting cultivation. Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan, Nigéria. 22 p.

Mack, S.D. 1983. Evaluation of the productivity of West African Dwarf sheep and goats in southern Nigeria. Centre international pour l'élevage en Afrique, Ibadan, Nigéria. Document du Programme des zones humides. 39 p.

Mack, S.D., Sumberg, J.E., Okali, C. 1984. Small ruminant production under pressure: the example of goats in southern Nigeria. *In* Sumberg, J.E., Cassaday, K., réd., Sheep and goats in humid West Africa. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba, Éthiopie, 47–52.

Okali, C., Sumberg, J.E. 1985. Sheep and goats, men and women: household relations and small ruminant development in southwest Nigeria. Agricultural Systems, 18, 39–45.

Opasina, B.A. 1984. Disease constraints on village goat production in southwest Nigeria. University of Reading, Reading,R.-U. Thèse de maîtrise. 124 p.

Reynolds, L., Adeoye, S.A.O. 1985. Small ruminant production and nutrition in southern Nigeria. Communication présentée à la Conférence nationale sur l'élevage des petits ruminants, octobre 1985, Zaria, Nigéria. 6 p.

Sempeho, G.J.M. 1985. A socioeconomic study on village sheep and goat production systems in the humid zone of southern Nigeria. Centre international pour l'élevage en Afrique, Ibadan, Nigéria. Document du Programme des zones humides. 77 p.

Sumberg, J.E. 1985. Collection and initial evaluation of *Gliricidia sepium* from Costa Rica. Agroforestry Systems, 4, 357–362.

Sumberg, J.E., McIntire, J., Okali, C., Atta-Krah, A.N. 1985. Economic analysis of alley farming with small ruminants. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba, Éthiopie. 18 p.

Wilson, G.F., Kang, B.T. 1981. Developing stable and productive biological cropping systems for the humid tropics. *In* Stonehouse, B., éd., Biological husbandry: a scientific approach to organic farming. Butterworth & Co. (Publishers) Ltd, Londres, R.-U., 193–203.

Potentiel de la culture en couloirs de plantains et de bananes

G.F. Wilson et R. Swennen

Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Résumé *— Plantains et bananes à cuire sont d'importantes sources d'hydrates de carbone dans les régions tropicales humides. On les cultive traditionnellement selon un système rotatif de jachère forestière, de plantation à strates multiples ou dans les jardins de l'arrière-cour. L'influence bénéfique du paillis sur ces cultures est prouvée, ce qui a incité les chercheurs à proposer un système de culture en couloirs comportant des légumineuses qui, sous forme d'arbres et de buissons, deviendraient une source de paillis. Aussi met-on actuellement à l'essai trois méthodes de culture des plantains avec des légumineuses arborescentes.*

Introduction

Plantains et bananes à cuire (*Musa* spp.) figurent parmi les plus importantes sources d'hydrates de carbone pour les habitants des tropiques humides. C'est pourquoi ils occupent une place primordiale dans la plupart des systèmes d'exploitation agricole de cette région (Wilson 1983). Il convient donc de leur accorder l'attention qu'ils méritent dans le cadre de toute recherche destinée à améliorer la productivité des cultures.

Si l'on considère que la culture en couloirs (Kang et al. 1984) est susceptible de remplacer avantageusement la culture itinérante, il faut déterminer dans quelle mesure elle est compatible avec les principales cultures (plantains et bananes). Mentionnons toutefois que cette étude doit être replacée dans son contexte, les méthodes d'exploitation utilisées par les petits agriculteurs. Il s'agit d'un système essentiellement biologique, les arbres et les micro-organismes étant les principaux restaurateurs de la fertilité et de la productivité des sols.

Systèmes de production

Plantains et bananes à cuire sont produits dans des régions où la température minimale moyenne dépasse 15,5 °C et où la pluviosité est supérieure à 2 000 mm, uniformément répartie sur toute l'année. Par conséquent, ces régions ne présentent pas de véritable saison sèche (Simmonds 1966). La plupart des cultivars de *Musa*

ont des racines peu profondes et ont donc besoin que la couche supérieure du sol soit humide. En outre, ce type de réseau racinaire prédispose à la verse, rendant indispensables les brise-vent et les tuteurs.

Le seul facteur important risquant d'être une limite au type de sol sur lequel prospèrent ces cultures est le drainage. En effet, bien qu'elles aient besoin d'un sol très humide, ces cultures ne tolèrent ni l'inondation ni la stagnation de l'eau en surface (Simmonds 1966). Le plantain est principalement cultivé sur les plaines humides de l'ouest et du centre de l'Afrique, tandis que la banane à cuire occupe surtout de vastes territoires des hauts plateaux plus frais d'Afrique orientale. Il existe trois grands systèmes de production :

- culture itinérante ou jachère forestière, le plantain étant alors généralement associé à d'autres cultures;
- culture à strates multiples, le plantain occupant l'étage intermédiaire, entre les arbres et les cultures telles que le maïs, le manioc et le taro;
- l'enclos-jardin ou jardin de l'arrière-cour cultivé de manière intensive, où le sol demeure très fertile grâce à l'ajout d'ordures domestiques et d'excréments animaux.

Le premier système, soit la culture itinérante avec jachère forestière, fait alterner une courte période de culture avec une longue période de repos ou de jachère, pendant laquelle les terres sont recolonisées par une succession de diverses espèces végétales. La durée de la jachère dépend de la période nécessaire pour régénérer le sol, des espèces recolonisatrices et du type de culture. Dans le cadre de ce système, très répandu dans l'ouest et le centre de l'Afrique, le plantain est généralement la première ou la dernière culture après que la terre a récupéré et il peut rester plusieurs années dans les champs. Toutefois, la majorité des petits agriculteurs en font uniquement la culture de première année. Pour des raisons que nous ne comprenons pas encore très bien (Braide et Wilson 1980), ce système est caractérisé par un déclin rapide de la production après la première année. Il existe une variante assez répandue, qui consiste à cultiver le plantain selon le système «taungya», l'agriculteur plantant ses cultures vivrières (le plantain compris) sur des terres prêtes à être reboisées. Il s'occupe donc des jeunes arbres en même temps qu'il prend soin de ses cultures.

Le système à strates multiples semble être un produit du système de jachère forestière, adapté aux conditions qui règnent sur les hauts plateaux, où la pression démographique élimine toute possibilité de jachère. Les arbres occupent l'étage supérieur, le plantain ou la banane l'étage intermédiaire juste en dessous des arbres, tandis que les cultures plus basses, telles que les racines et tubercules, les légumineuses, les céréales et les légumes occupent l'étage inférieur. Dans certaines parties d'Asie, des Antilles et d'Amérique Latine, c'est le cocotier qui domine la strate supérieure. En Afrique occidentale, c'est souvent le palmier à huile. Dans l'est africain, le bananier occupe la strate supérieure tandis que les racines et tubercules, les céréales et les légumineuses sont cultivés aux niveaux inférieurs. Ces systèmes sont viables parce que tant la banane que le plantain tolèrent une certaine quantité d'ombre (Vincente-Chandler et al. 1966). On constate que le déclin des rendements n'est pas aussi rapide que lorsqu'on utilise la méthode de la jachère forestière.

Le système de l'enclos-jardin est le plus productif. Il ne semble pas y avoir de corrélation directe entre ce système de culture et la densité de population car on le

trouve dans des régions où sont pratiquées à la fois la jachère forestière et la culture à strates multiples. En Afrique de l'Est, c'est la banane qui domine tandis que le plantain est surtout cultivé dans l'ouest du continent. Les parcelles sont généralement exiguës et proches de l'habitation, enrichies de déchets organiques. Cette méthode contribue non seulement à enrichir le sol en éléments nutritifs et en matière organique, mais permet également la création d'un paillis qui est peut-être l'un des principaux facteurs de longévité des végétaux ainsi cultivés. On a constaté que ces parcelles demeuraient très productives pendant de nombreuses années (Braide et Wilson 1980; Swennen 1984). Le paillage est particulièrement bénéfique aux plantains et bananiers et c'est pourquoi l'on s'est efforcé de mettre au point des méthodes viables de création du paillis (Wilson et Swennen 1986).

De ces trois systèmes, seul l'enclos-jardin à culture intensive ne dépend pas directement des arbres pour permettre au sol de retrouver sa fertilité, même s'il y a souvent des arbres dans ces parcelles. Pourtant, ce sont elles qui nous donnent un indice du potentiel de la culture en couloirs car elles démontrent à quel point le sol peut bénéficier du paillage, l'un des produits les plus directs de la culture en couloirs.

Potentiel de la culture en couloirs

Bien que nous ne comprenions pas encore totalement les mécanismes de productivité et de longévité des plantains cultivés dans les cours-jardins, il semble néanmoins que le paillage et la teneur élevée du sol en matière organique sont d'importants facteurs. Par conséquent, les efforts destinés à mettre au point un système de culture en couloirs qui augmenteraient la production de plantain et de bananes se sont essentiellement concentrés sur la production de paillis. En plus de recouvrir le sol, le paillis devrait l'enrichir de quantités raisonnables de matière organique et d'éléments nutritifs. Dans une parcelle cultivée en couloirs, le paillis est produit par les arbres qui recyclent les éléments nutritifs et, dans certains cas, fixent l'azote. On peut également s'en servir comme brise-vent ou pour fabriquer des tuteurs du plantain ou du bananier de manière à limiter les dégâts causés par le vent, l'un des principaux obstacles auxquels se heurte la production de *Musa* spp. Les microclimats engendrés par la présence des arbres devraient être bénéfiques aux plantains et aux bananiers (Vincente-Chandler et al. 1966).

Actuellement, les essais portent sur trois méthodes de culture en couloirs du plantain associé à des arbres et des buissons :

- les buissons arborescents sont plantés en rangées entre les plantains. Ils sont régulièrement élagués afin que les plantains occupent toujours l'étage supérieur pendant la période de culture (Fig. 1).
- l'étage supérieur est alternativement occupé par les plantains et les arbres (Fig. 2).
- Les arbres occupent toujours l'étage supérieur (Fig. 3).

Selon la première technique, *Leucaena leucocephala* et *Flemingia congesta* sont fréquemment plantés en association avec le plantain. Ces espèces tolèrent l'ombre créée par le plantain et récupèrent vite après l'élagage. Les feuilles de *Leucaena* se décomposent rapidement et ne forment pas un très bon paillis. Mais les brindilles

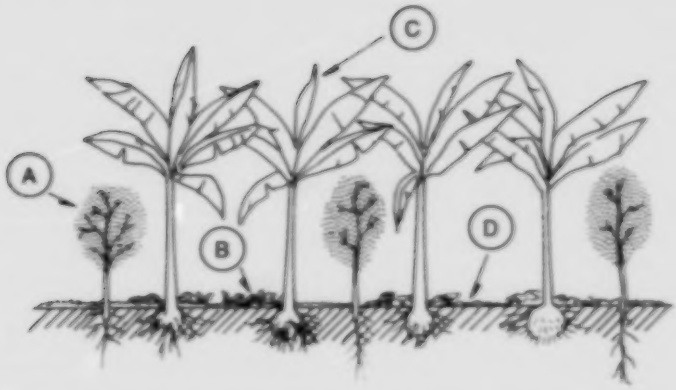

Fig. 1. Culture en couloirs; la cime des arbustes qui forment les haies est plus basse que l'étage des plantains. A, haies; B, litière foliaire; C, plantain/bananier; D, surface du sol.

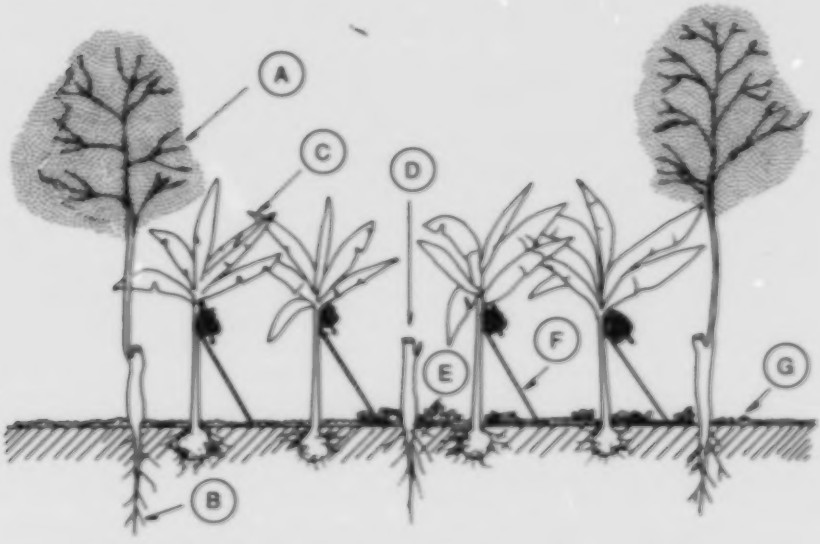

Fig. 2. Culture en couloirs : les haies, qui fournissent des tuteurs, abritent les récoltes du vent et contribuent au recyclage des éléments nutritifs. A, arbre de haute taille; B, racines profondes; C, plantain/bananier; D, arbre taillé; E, litière foliaire; F, tuteur; G, surface du sol.

persistent assez longtemps pour recouvrir le sol et ralentir la circulation des eaux de surface. Les rangées d'arbres plantées sur le pourtour empêchent le ruissellement trop rapide de l'eau. On ne constate aucune érosion notable lorsque le plantain est cultivé en couloirs avec *Leucaena*. En revanche, les feuilles de *Flemingia* se décomposent plus lentement et forment un paillis de bonne qualité.

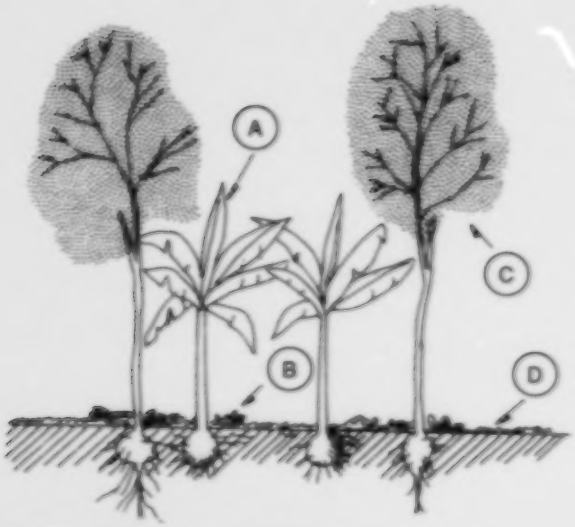

Fig. 3. Culture en couloirs : l'étage des haies est supérieur à l'étage du plantain. A, plantain/bananier; B, litière foliaire; C, haie; D, surface du sol.

Le deuxième système permet à la fois de couvrir le sol de paillis, d'abriter les cultures du vent et de produire des tuteurs (Fig. 2). Les étages des arbres et du plantain sont inversés lorsqu'on élague les arbres pour produire du paillis et des tuteurs. C'est à partir des observations anémométriques que l'on peut calculer le nombre de rangées qui devraient être taillées. En fixant les plantains aux arbres, on devrait également pouvoir les protéger contre le vent. Les racines profondes des arbres permettent le recyclage des éléments nutritifs.

La troisième méthode allie le paillage à la protection contre le vent (Fig. 3). L'étage des arbres est le plus élevé, dans tous les cas, et l'on procède régulièrement à un élagage périodique au niveau des plantains. En élaguant seulement une rangée sur deux, on prévient l'effet du vent. Il est également possible de fixer les plantains aux arbres pour les protéger davantage du vent.

Les trois techniques reposent principalement sur la production de paillis, tout en accordant une importance au recyclage des éléments nutritifs. Il se peut, toutefois, que l'apport des arbres ne suffise pas à produire tous les éléments nutritifs nécessaires à un rendement élevé mais il permet de diminuer, dans des proportions substantielles, les besoins en engrais chimiques.

Références

Braide, J., Wilson, G.F. 1980. Plantain decline: a look at possible causes. Paradisiaca, 4, 3–7.

Kang, B.T., Wilson, G.F., Lawson, T.L. 1984. Alley cropping, a stable alternative to shifting cultivation. Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan, Nigéria. 22 p.

Simmonds, N.W. 1966. Bananas. Longman Group Ltd, Londres, R.-U.

Swennen, R. 1984. A physiological study of the suckering behaviour in plantain. Université catholique de Louvain, Louvain, Belgique. Thèse de doctorat.

Vincente-Chandler, J., Abruna, F., Silva, S. 1966. Effect of shade trees on yield of five crops in the humid mountain region of Puerto Rico. Journal of Agricultural University of Puerto Rico, 50, 218–225.

Wilson, G.F. 1983. Production de plantains : perspectives pour améliorer la situation alimentaire sous les tropiques. Fruits, 36, 229–239.

Wilson, G.F., Swennen, R. 1986. New approaches to mulching of plantain (*Musa* sp. AAB). Compte rendu du Congrès international d'horticulture (Davis, CA, É.-U.), 12 (résumés).

Partie 3

Plantation de légumineuses fourragères

Plantation de légumineuses fourragères et élevage

L. Reynolds et S.A.O. Adeoye

Centre international pour l'élevage en Afrique, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Résumé *— Le brout est un élément important de l'alimentation des petits ruminants élevés de la manière traditionnelle dans le sud du Nigéria. Les légumineuses arborescentes,* Leucaena leucocephala *et* Gliricidia sepium, *cultivées en couloirs ou dans des parcelles de culture intensive de fourrage, peuvent fournir aux animaux un complément riche en protéines, après avoir été récoltées sur place. La digestibilité de la matière sèche du brout augmente lorsqu'un complément fortement énergétique tel que l'épluchure de manioc est également donné aux animaux. Les essais effectués en station ont révélé qu'un mélange de* Leucaena–Gliricidia *élevait de 55 % la productivité des moutons nains d'Afrique occidentale lorsqu'on l'ajoutait à une alimentation de base constituée de* Panicum maximum. *Dans les villages, de petits agriculteurs possédant des plantations établies de* Leucaena *et de* Gliricidia *ont nourri leurs petits ruminants du feuillage de ces légumineuses. Nous étudions également la possibilité d'en nourrir les femelles gravides ou en période de lactation ainsi que l'utilisation de la terre en jachère entre les rangées de* Leucaena *et de* Gliricidia *pour y laisser paître les animaux.*

Introduction

Le bétail laissé en liberté consomme une grande diversité de nourriture provenant des herbes, des buissons et des arbres. Le choix dépend de la disponibilité des plantes, de la saison et de l'espèce animale en question. Il semble que le brout soit un élément plus important de l'alimentation des chèvres que de celle des bovins et cette préférence s'accentue encore pendant la saison sèche. Le fourrage récolté sur place par les agriculteurs est en général de valeur nutritive inférieure à celui qui est choisi, sur le même terrain, par le bétail, car les animaux ont tendance à préférer les jeunes pousses aux tiges mûres. Le brout conserve toute l'année sa valeur nutritive. Toutefois, celle des espèces herbacées décline rapidement après la floraison. Les légumineuses fournissent un fourrage particulièrement précieux, riche en protéines, formant un complément judicieux aux matériaux cellulosiques à faible teneur en protéines (herbes mûres, résidus des récoltes, etc.).

La production de fourrage à partir de légumineuses arborescentes et herbacées a été étudiée par le Programme des zones humides (PZH) du Centre international pour l'élevage en Afrique (CIPEA) à Ibadan (Nigéria). On a découvert que l'anthracnose touchait particulièrement *Stylosanthes*, c'est pourquoi les

légumineuses arborescentes semblent plus propices à la méthode de ramassage sur place du fourrage. On a étudié de plus près *Leucaena leucocephala* et *Gliricidia sepium*, les plus productives des 25 espèces fourragères évaluées.

On retrouve au sud du Nigéria près de 9 millions Jes 54 millions de petits ruminants des zones tropicales humides et subhumides d'Afrique et 0,3 million des 42 millions approximatifs de bovins qu'abritent les mêmes zones (Jahnke 1982; CIPEA 1985). On compte une moyenne de deux à quatre petits ruminants par ménage, tandis que 87 % des bovins forment des troupeaux de six têtes ou moins. Le PZH a concentré ses efforts sur les petits ruminants puisque ce sont eux qui prédominent dans la région. Chèvres et moutons sont élevés selon deux méthodes locales, entièrement distinctes. Dans le sud-ouest du Nigéria, les animaux sont laissés en liberté. En revanche, dans le sud-est, où la densité de population est élevée, on pratique la stabulation et l'entravement des animaux. Quel que soit le système, les champs cultivés sont exigus et disséminés. En outre, il n'y a pas assez d'animaux pour que l'on consacre de la main-d'oeuvre à les maintenir en troupeaux dans les champs en jachère.

Le CIPEA a étudié les légumineuses arborescentes *Leucaena* et *Gliricidia*, ainsi que leur utilisation dans le cadre d'un système de ramassage sur place pour compléter l'alimentation traditionnelle des petits ruminants dans les villages (Fig. 1). Les branches sont taillées à raison de 150 cm de longueur, environ. Des essais entrepris en station ont permis d'enregistrer les effets de ce complément alimentaire, mais peu de travaux ont été accomplis sur les fermes à cet égard.

Fig. 1. Un fermier nourrissant ses chèvres de *Gliricidia*.

Composition de *Leucaena* et *Gliricidia*

Les petits ruminants consomment les feuilles, les pétioles et l'écorce, laissant seulement la tige nue. Les feuilles qui constituent 75 % des parties comestibles des deux espèces (Tableau 1) sont les plus précieuses, sur le plan nutritif (Tableau 2). Leur forte teneur en azote (environ 3,2 %) est le principal avantage de ces espèces utilisées comme fourrage.

Lorsqu'on élague les arbres six fois par an, une repousse fraîche se trouve toute l'année à la disposition du bétail, lui assurant un complément alimentaire de haute qualité. Le brout accroît la valeur nutritive du fourrage de lest car les protéines supplémentaires peuvent intensifier l'activité des microbes du rumen, accroissant donc la digestibilité de l'alimentation et la consommation.

Leucaena leucocephala

Leucaena a été au centre de maintes études récentes et l'on admet aujourd'hui ses qualités fourragères (Gray 1968; Hill 1971; NAS 1977; Jones 1979). Cette espèce possède un goût qui plaît aux animaux mais, consommée en grande quantité, elle devient toxique en raison de sa teneur en mimosine, l'un des acides aminés. Les jeunes pousses, dont les animaux sont plus friands que des feuilles mûres, contiennent toutefois davantage de mimosine. Les microbes du rumen dégradent la mimosine en 3-hydroxy-4 (IH) pyridone (DHP), qui est alors absorbé par la circulation sanguine avant d'être excrété dans l'urine. Le DHP est goitrogène et abaisse la

Tableau 1. Éléments (en %) des parties comestibles de *Gliricidia* and *Leucaena*.

	Gliricidia	*Leucaena*
Feuilles	74,7	76,6
Pétiole	9,3	11,7
Écorce	16,0	11,7

Source: Mani (1984).

Tableau 2. Composition chimique (% de matière sèche) des parties comestibles de *Gliricidia* et *Leucaena*.

	Protéines brutes	Fibres brutes	Extrait d'éther	EDA[a]	Cendres	FDA[b]	Lignine
Gliricidia							
Feuilles	22,5	16,5	7,8	44,4	8,8	22,3	12,3
Pétiole	8,1	32,5	2,0	47,3	10,1	49,1	12,7
Écorce	12,2	30,5	4,0	41,7	11,6	38,1	15,6
Leucaena							
Feuilles	18,3	22,4	12,0	37,9	9,4	20,5	9,7
Pétiole	7,8	38,3	1,3	43,9	8,7	47,2	13,6
Écorce	9,8	34,2	5,0	42,6	8,4	40,3	10,0

Source: Mani (1984).
[a] Extrait dépourvu d'azote.
[b] Fibre au détergent d'acide.

teneur en thyroxine du sérum (Jones et al. 1976). Les premiers symptômes d'intoxication sont la perte d'appétit, le ralentissement de la prise de poids et l'alopécie. Il est possible que l'œsophage soit ulcéré. À Hawaï et en Indonésie, on a découvert que l'urine de chèvres qui avaient consommé du *Leucaena* ne contenait pas de DHP. C'est la productivité élevée et l'apparence saine de ces animaux qui ont incité Lowry (1983) à penser que leur rumen abritait des micro-organismes capables de dégrader le DHP (Jones 1981). J.L. Lambourne, H.G. Bosman et L. Reynolds (données inédites) ont constaté la présence de DHP dans l'urine des chèvres et moutons nains d'Afrique occidentale. Ce qui confirme la théorie, fondée sur l'observation d'alopécie chez les animaux, selon laquelle les moutons et les chèvres du Nigéria ne possèdent pas les micro-organismes du rumen capables de détoxifier le DHP.

Jones et al. (1985) ont observé que le liquide du rumen de chèvres habituées à se nourrir de *Leucaena* pouvait être introduit chez des animaux non adaptés pour leur donner la capacité de dégrader le DHP. Les bactéries introduites peuvent ensuite être transférées d'un animal à l'autre et vivent encore au moins 6 mois après que l'animal a cessé de se nourrir de *Leucaena*. La National Academy of Sciences (NAS 1977) a recommandé que l'on ramène à 30 % la proportion de l'alimentation des ruminants composée de *Leucaena*, pour éviter les réactions allergiques. Si l'on parvient à mettre au point un vaccin à base des micro-organismes du rumen capables de dégrader le DHP, on pourra offrir sans danger de plus grosses portions de *Leucaena* aux animaux. Les résultats préliminaires d'études entreprises en Australie révèlent que les animaux auxquels on a inoculé la bactérie détoxifiante se comportent mieux que les autres lorsqu'on ajoute à leur alimentation des doses modérées de *Leucaena*.

Les effets toxiques de *Leucaena* l'empêchent d'être considéré comme source unique de fourrage plutôt que comme complément alimentaire. Comme on peut le voir au Tableau 3, la proportion de matière sèche (MS) d'un mélange de *Panicum–Leucaena* croît au fur et à mesure qu'on augmente la dose de *Leucaena* (Ademosun, Jansen et al. 1985); le même phénomène a été observé dans un mélange de chaume de maïs–*Leucaena* (Banda et Ayoade 1985). Cochran et al. (1984) ont effectué des observations semblables en mélangeant des tiges de maïs à *Leucaena*. Il en va de même de Wong et Devendra (1983), qui ont mélangé *Pennisetum purpureum* à *Leucaena*. La proportion de *Leucaena* absorbée par rapport à la portion offerte n'est mentionnée dans aucune des deux études. La digestibilité de la matière sèche a augmenté lorsqu'on a accru la proportion de *Leucaena* (Ademosun, Bosman et al. 1985; Ademosun, Jansen et al. 1985) mais les effets ont été moins apparents que dans les cas des autres études.

Cochran et al. (1984) ont découvert que le rythme de croissance (28 g/jour), au cours d'un essai de 8 semaines portant sur l'ajout de *Leucaena*, à concurrence de 30 %, était plus élevé que lorsque l'alimentation des animaux comportait seulement 10 % de *Leucaena*. Toutefois, ils n'ont noté aucun avantage supplémentaire lorsqu'on haussait la proportion au-delà de 30 %. Wong et Devendra (1983) ont pu faire accélérer la prise de poids vif en incluant jusqu'à 75 % de *Leucaena* à l'alimentation des animaux, mais on ignore sur combien de semaines leurs essais ont porté. Ils ont toutefois précisé qu'une période d'adaptation à *Leucaena* était parfois nécessaire. Ademosun, Jansen et leur équipe (1985) ont découvert que le poids vif ne variait pas sensiblement tant que les chèvres n'avaient été nourries ainsi pendant 44 jours environ. Néanmoins, pendant les 112 jours suivants, le taux de croissance était de 34,8 g/jour (Ademosun, Bosman et al. 1985).

Tableau 3. Consommation quotidienne de matière sèche (g/kg de poids vif ^{0,75}) et digestibilité (%) de l'alimentation contenant du *Leucaena*.

Alimentation	Animal[a]	Consommation		Digestibilité
		Leucaena	Autres	
Leucaena + *Panicum*	CNAO	23,5	40,8	51,1
Leucaena	CNAO	—	48,3	47,5
+ *Panicum*		20,6	45,3	52,1
		10,7	39,6	39,8
		31,6	36,8	47,8
Leucaena	PCAO	—	20,8	45,7
foin de feuilles +		11,0	20,7	50,9
hachis de		21,2	20,5	48,0
chaume de maïs		25,8	18,3	54,3

Source: Ademosun, Bosman et al. (1985); Ademosun, Jansen et al. (1985); et Banda et Ayoade (1985).

[a] CNAO, Chèvre naine d'Afrique occidentale; PCAO, petite chèvre d'Afrique orientale.

Gliricidia sepium

Cette espèce a été introduite en Afrique occidentale pour ombrager les cacaoyers et sa distribution reflète toujours, dans une certaine mesure, ce rôle. On l'utilise également comme clôture vivante.

Gliricidia a surtout été donné aux animaux en conjonction avec d'autres aliments (Tableau 4). Consommé seul, il présente une digestibilité de matière sèche (DMS) de 54 à 57 %. L'ajout d'un aliment hautement énergétique, tel que le tubercule de manioc (Ademosun, Bosman et al. 1985) ou l'épluchure de manioc (Ifut 1987), permet toutefois d'élever la DMS jusqu'à 70–74 %. La fécule contenue dans le manioc est fermentée dans le rumen pour se transformer en acides gras volatils, eux-mêmes utilisés par les microbes du rumen comme source d'énergie. Les composés azotés remplissent également ce rôle. Par conséquent, un fourrage riche en azote (tel que *Gliricidia*) est plus efficace lorsqu'une source d'énergie fermentescible est également présente (ARC 1980).

L'ajout de *Panicum maximum* à une alimentation composée de *Gliricidia* a, au cours d'une étude, fait baisser la DMS au fur et à mesure que la proportion d'herbe contenue dans l'alimentation augmentait (Ademosun, Jansen et al. 1985). Cependant, si l'on diminue la proportion de *Panicum*, la DMS soit ne change pas (Ademosun, Bosman et al. 1985), soit s'améliore (J.O. Ifut et L. Reynolds, données inédites). En associant *Gliricidia* et *Panicum* à l'épluchure de manioc, on constate que la DMS a tendance à décroître au fur et à mesure que baisse la consommation d'épluchure de manioc (J.O. Ifut et L. Reynolds, données inédites). Le rythme de croissance d'un chevreau nain d'Afrique occidentale nourri uniquement de *Gliricidia* s'est établi à 23 g/jour et n'a pas été modifié par l'ajout de *Panicum*. Curieusement, on remarque toutefois que le rythme de croissance tend à baisser lorsque l'on mélange *Gliricidia* à des tubercules de manioc, bien que la consommation de MS digeste soit plus élevée que dans le cas de l'alimentation uniquement composée de *Gliricidia* (Ademosun, Bosman et al. 1985).

Tableau 4. Consommation quotidienne de matière sèche (g/kg de poids vif ^{0,75}) et digestibilité (%) de l'alimentation contenant du *Gliricidia* des chèvres naines d'Afrique occidentale.

Alimentation	Consommation		Digestibilité
	Gliricidia	Autres	
Gliricidia	66,7	—	56,8
+ *Panicum*	56,8	13,8	57,5
+ Tubercules de manioc hachés	42,5	23,0	69,8
Gliricidia	—	43,1	46,0
+ *Panicum*	10,8	39,8	47,7
	21,3	38,1	51,1
	31,8	37,2	54,9
Gliricidia	46,4	—	54,2
+ *Panicum*	39,9	23,6	66,6
+ Épluchures de manioc	28,2	47,7	74,3
+ *Panicum** et épluchures de manioc**	21,0	11,7*	71,9
		53,6**	
	25,9	13,7*	66,1
		32,9**	

Source: Ademosun, Bosman et al. (1985) ; Ademosun, Jansen et al. (1985) ; et Ifut (1987).

Une étude des brebis de Bannur, entreprise à Sri Lanka, a révélé que lorsqu'on les nourrissait d'un mélange de *Gliricidia* et de *Brachiaria miliiformis*, le rythme de croissance des agneaux ne changeait guère au fur et à mesure que l'on faisait passer la proportion de *Gliricidia* de 25 à 75 %. Cependant, le rythme de croissance des agneaux était deux fois plus élevé lorsqu'on les nourrissait de 25 % de *Gliricidia* que lorsqu'ils ne mangeaient que des espèces herbacées (Chadhokar et Kantharaja 1980).

Mélange de *Leucaena* et de *Gliricidia*

La toxicité de *Leucaena* peut être atténuée lorsqu'on le mélange à *Gliricidia*. Cela permet de tirer parti de la forte teneur en protéines du fourrage tout en diminuant la consommation de mimosine. Ademosun, Bosman et al. (1985) ont constaté que lorsque ce mélange était calculé selon un rapport de 1:3, les animaux mangeaient presque tout le *Leucaena*. Cependant, si les proportions de chaque ingrédient sont égales, les animaux ne semblent pas se montrer sélectifs. Le CIPEA a émis des observations semblables, après avoir alimenté les animaux de trois mélanges, en proportions égales. La consommation quotidienne de brout allait de 130 à 450 g de MS/tête, bien que les animaux eussent tendance à manger d'abord le *Leucaena*. La digestibilité de la matière sèche a été étudiée par Ademosun, Bosman et al. (1985), dans le cas d'un brout mixte. Elle s'est révélée atteindre 60 % pour toutes les combinaisons évaluées (Tableau 5). Le rythme de croissance des chevreaux sur une période de 44 jours a été le plus rapide (33 g/jour) lorsque *Leucaena* composait 30 % de la consommation totale. Quand ce pourcentage était plus élevé (43 %), le rythme de croissance se situait à 26 g/jour (la différence n'est pas significative). Il se peut que lorsque la teneur en *Leucaena* est élevée, la mimosine et le DHP suffisent à modifier le recyclage des éléments nutritifs

Tableau 5. Consommation quotidienne de matière sèche (g/kg de poids vif ^{0,75}) et digestibilité (%) de l'alimentation de chèvres naines d'Afrique occidentale contenant des proportions diverses de *Leucaena* et *Gliricidia*.

Alimentation	Consommation			Digestibilité
	Leucaena	*Gliricidia*	Écorce	
Leucaena	25,6	45,3	—	59,7
et *Gliricidia*	22,1	39,2	11,7	62,0
feuilles + écorce	28,8	28,8	9,6	62,3

Source: Ademosun, Bosman et al. (1985).

Tableau 6. Effets de l'ajout, à volonté, de *Panicum maximum* au brout, sur la productivité des moutons nains d'Afrique occidentale.

	Consommation quotidienne de brout (g MS/tête)[a]			
	0	130	270	450
Intervalle de parturition (jours)	262±13,5	228±19,1	226±8,4	241±8,9
Taille de la portée	1,26±0,09	1,27±0,09	1,19±0,08	1,17±0,08
% de survie jusqu'à 90 jours	0,65	0,52	0,65	0,82
Poids à la naissance (kg)	1,80±0,07	1,61±0,10	1,52±0,07	1,72±0,07
Gain quotidien de poids vif jusqu'à 90 jours (g)	64,4±2,98	60,3±3,51	73,4±4,98	83,8±3,69
Indice de productivité (kg/an)[b]	8,67	7,44	10,15	13,46

Source : Reynolds et Adeoye (1985).
[a] Brout : 50 % de *Leucaena* et 50 % de *Gliricidia* ; MS, matière sèche.
[b] Masse (kg) d'agneaux sevrés à 90 jours, par brebis et par an.

absorbés sans toutefois faire apparaître des symptômes cliniques d'empoisonnement.

Les effets du brout mixte sur la productivité des moutons nains d'Afrique occidentale ont été décrits par Reynolds et Adeoye (1985). En ajoutant à l'alimentation des proportions égales de *Leucaena* et de *Gliciridia*, à raison d'une consommation quotidienne allant jusqu'à 450 g de MS/tête, la productivité a augmenté de 55 %, si on la compare avec celle de moutons qui peuvent se nourrir à volonté de *Panicum* (Tableau 6). On note également une amélioration de l'intervalle d'agnelage, du taux de survie des agneaux et du rythme de croissance jusqu'au sevrage. On estime que la consommation de *Leucaena* ne doit pas dépasser 30 % de la consommation totale, ce qui est inférieur à la dose recommandée par la NAS (1977) pour éviter l'intoxication. La productivité des moutons laissés en liberté dans les villages (Mack 1983) s'est révélée, en revanche, égale à celle d'animaux expérimentaux auxquels on offrait à volonté du *Panicum* et qui consommaient 270 g de MS/jour d'un mélange de *Leucaena* et de *Gliricidia*. Les résultats préliminaires d'un essai semblable sur des chèvres naines révèlent que le rythme quotidien de croissance d'un chevreau, de la naissance jusqu'à 90 jours, est environ la moitié de celui que l'on enregistre pour les agneaux.

La productivité des petits ruminants élevés selon les méthodes traditionnelles dans le sud du Nigéria a été évaluée par Mack (1983) et par Adeoye (1985) après que les animaux ont été vaccinés contre la peste des petits ruminants (PPR) (Tableau 7). La vaccination a eu un effet bénéfique sur la productivité des chèvres dans le sud-ouest du Nigéria. Toutefois, les tentatives visant à quantifier les

Tableau 7. Productivité des moutons et chèvres nains d'Afrique occidentale élevés sur les petites exploitations du sud du Nigéria.

	Sud-ouest du Nigéria			Sud-est du Nigéria
		Chévres		
	Moutons[a]	1[a]	2[b]	Chèvres[c]
Intervalle de parturition (jours)	322	259	272	295
Taille de la portée	1,23	1,49	1,65	1,30
% de survie jusqu'à 90 jours	0,84	0,67	0,86	0,73
% de survie jusqu'à 365 jours	0,72	0,52	0,65	0,41
Poids à la naissance (kg)	2,12	1,57	1,62	1,23
Gain quotidien de poids vif jusqu'à 90 jours (g)	74	35	46	40
Indice de productivité (kg/an)[d]	10,28	6,64	10,71	5,67

[a] Source: Mack (1983), système traditionnel non amélioré.
[b] Source: Adeoye (1985), avec vaccin contre la peste des petits ruminants.
[c] Source: S.A.O. Adeoye (données inédites).
[d] Masse (kg) des agneaux et chevreaux sevrés à 90 jours, par brebis, ou par chèvre et par an.

avantages apportés par la vaccination dans le sud-est ont été interrompues lorsque de nombreux animaux non vaccinés des villages témoins sont morts pendant une épidémie de PPR, car les villageois ont cessé de collaborer avec les chercheurs.

Tous les éléments de l'indice de productivité (intervalle de parturition, taille de la portée, poids à la naissance, taux de survie jusqu'au sevrage et rythme de croissance) se sont révélés inférieurs dans le cas des animaux du sud-est (voir Fig. 2). En outre, la mortalité a été supérieure dans cette région (Fig 3.). Le brout étant un important élément de la nutrition des chèvres laissées en liberté dans la forêt et la savane du sud-est (Carew 1982), on estime que les différences d'alimentation sont un facteur crucial. Les animaux stabulés ou entravés n'ont pas un choix d'aliments aussi vaste. L'intervalle supérieur de parturition est sans doute provoqué par le fait que, malgré l'arrivée des chaleurs, les femelles ne peuvent se reproduire que si l'agriculteur emprunte un mâle à son voisin. En outre, les animaux stabulés ou entravés ne disposent généralement pas de récipients d'eau. Ils doivent se contenter de la teneur en eau des aliments qu'on leur propose. Bien entendu, il est peu probable que cela suffise, notamment pendant la saison sèche, et la lactation en est d'autant plus perturbée.

Une parcelle cultivée en couloirs (0,2 ha) pourrait satisfaire 50 % des besoins quotidiens de 2,6 animaux. Une parcelle de culture intensive de fourrage (0,01 ha) pourrait fournir 12,5 % de la consommation quotidienne de 3,6 animaux (voir Reynolds et Atta-Krah, dans ce volume). Les agriculteurs du sud-est qui ont planté des parcelles de cultures intensives et cultivent des parcelles en couloirs offrent régulièrement à leurs animaux une alimentation à base de *Leucaena* et *Gliricidia*. Cependant le feuillage ne suffit pas. Il faudrait compléter l'alimentation des femelles qui se trouvent aux derniers stades de la grossesse ou en train d'allaiter pour tirer le maximum de profit d'une source limitée de feuillage. Ce système serait possible là où les animaux entravés peuvent être nourris individuellement. Des extrapolations effectuées à partir d'essais en station suggèrent que la consommation quotidienne de 180 g de MS de brout/tête, équivalant à près de 30 % de l'apport quotidien au cours des deux derniers mois de la gestation et des trois premiers mois de lactation, élèverait la productivité de 30 %. Sumberg et al. (1985) ont indiqué

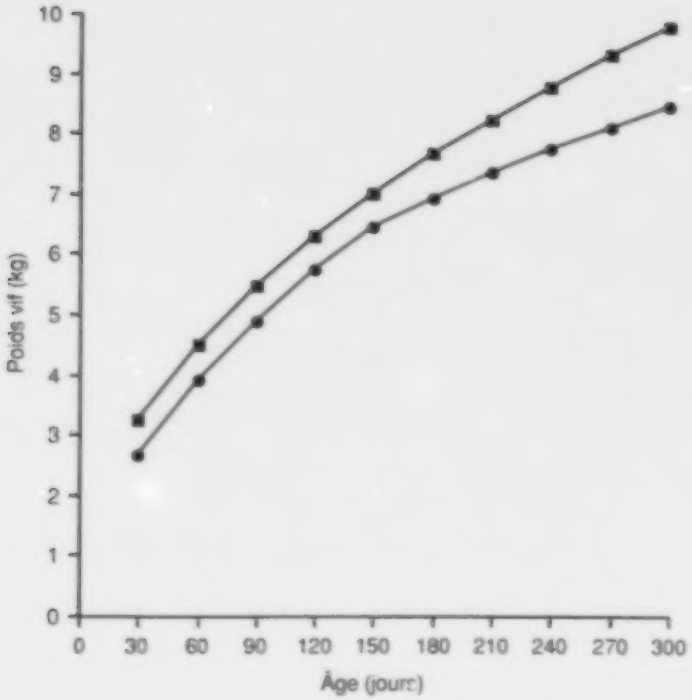

Fig. 2. Croissance des chèvres laitières en liberté dans le sud-ouest du Nigéria (■) et des chèvres entravées du sud-est du Nigéria (●), après vaccination contre la peste des petits ruminants.

que, en raison de la vaccination contre la PPR, il faut un accroissement de la productivité de 23 % pour que l'utilisation du feuillage comme fourrage puisse, du point de vue économique, entrer en concurrence avec l'utilisation des parties élaguées comme paillis. En l'absence de vaccination, il faut une augmentation de 30 % de la productivité des animaux pour contrebalancer les bénéfices tirés de l'usage du feuillage comme paillis. Nous avons besoin de données fiables, provenant des essais en ferme, pour confirmer le modèle économique.

Conclusion

L'intégration des cultures et de l'élevage peut être bénéfique aux deux activités. Dans une bonne partie de l'Afrique, les résidus des cultures ne sont pas utilisés pour nourrir les animaux et l'on n'utilise pas d'engrais dans les champs arables. La plantation de légumineuses fourragères arborescentes permet de protéger la fertilité du sol tout en stabilisant le rendement des cultures et en fournissant du fourrage. Les essais en ferme dans le sud du Nigéria ont révélé que *Leucaena leucocephala* et *Gliricidia sepium* pouvaient être intégrées aux systèmes existants, d'une manière acceptable pour le petit agriculteur. Les essais en station ont permis de quantifier

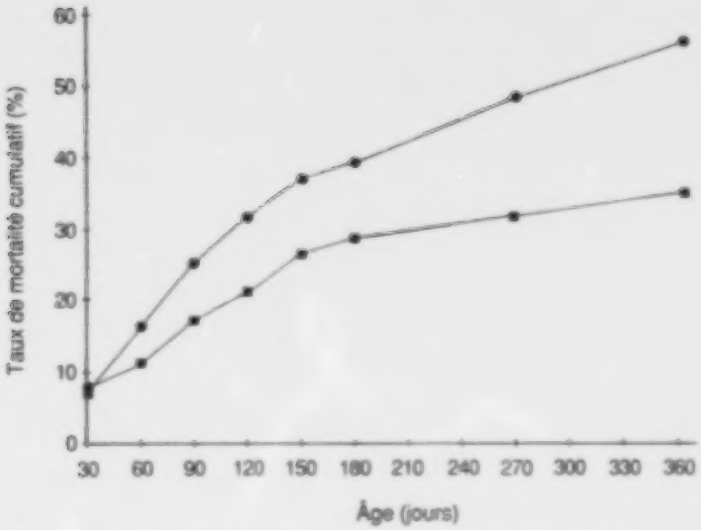

Fig. 3. Taux de mortalité des chèvres laissées en liberté dans le sud-ouest du Nigéria (■) et des chèvres entravées du sud-est du Nigéria (●), après vaccination contre la peste des petits ruminants.

les avantages de l'utilisation du feuillage de *Leucaena* et de *Gliricidia* pour les cultures et l'élevage. La consommation de matière sèche et sa digestibilité augmentent lorsqu'un brout mixte est offert en complément d'une alimentation à base de *Panicum maximum*. L'ajout d'un aliment énergétique tel que le tubercule ou l'épluchure de manioc permet d'augmenter la digestibilité d'une alimentation à base de *Gliricidia* de près du tiers. L'épluchure de manioc fait déjà partie de l'alimentation habituelle des petits ruminants dans les villages. Le mélange de *Leucaena* et de *Gliricidia*, riche en protéines brutes, allié à l'épluchure de manioc, aliment énergétique par excellence, pourrait devenir un complément nutritif particulièrement bénéfique aux animaux stabulés ou entravés.

La superficie moyenne d'une parcelle consacrée à la culture intensive du fourrage dans le sud-est du Nigéria est de 0,01 ha. Si elle est uniquement plantée d'arbres, elle pourrait permettre au fermier de recueillir sur place suffisamment de brout pour répondre à 12,5 % des exigences quotidiennes de MS de 3,6 petits ruminants. Si l'on suppose que la surface moyenne des parcelles cultivées en couloirs dans le sud-ouest du pays est de 0,2 ha, cela pourrait fournir 50 % des besoins en alimentation quotidiens de 2,6 animaux. Compléter ainsi la nutrition des femelles gravides ou en période de lactation permettrait d'utiliser de manière économique une provision limitée de brout. Les essais en station ont révélé que le complément pourrait fort bien accroître le taux de survie et le rythme de croissance des jeunes animaux jusqu'au sevrage, tout en diminuant l'intervalle de parturition des femelles adultes. À l'heure actuelle, la productivité des animaux stabulés ou entravés est de loin inférieure à celle de leurs homologues en liberté. L'emploi d'une légumineuse fourragère comme complément alimentaire permettrait de réduire l'écart. Pendant la saison sèche, la quantité et la qualité de l'alimentation

sont nettement plus médiocres dans le cas des animaux entravés ou stabulés. On pourrait donc mettre au point un complément alimentaire que l'on donnerait aux animaux pendant cette période. Il convient de déterminer lors des essais en ferme quelles sont les économies relatives engendrées par l'utilisation du feuillage comme paillis ou comme fourrage et de mettre à l'épreuve les théories tirées des essais en station, à partir desquelles on a bâti le modèle.

Références

Ademosun, A.A., Bosman, H.G., Roessen, P.L. 1985. Nutritional studies with West African Dwarf goats in the humid zone of Nigeria. *In* Wilson, R.T., Bourzat, D., réd., Small ruminants in African agriculture. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba, Éthiopie, 82–89.

Ademosun, A.A., Jansen, H.G., van Houtert, V. 1985. Goat management research at the University of Ife. *In* Sumberg, J.E., Cassaday, K., réd., Sheep and goats in humid West Africa. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba, Éthiopie, 34–37.

Adeoye, S.A.O. 1985. Performance of free roaming West African Dwarf goats raised in villages in southern Nigeria. Centre international pour l'élevage en Afrique, Ibadan, Nigéria. Document du Programme des zones humides. 38 p.

ARC (Agricultural Research Council). 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, R.-U. 351 p.

Banda, J.L.L., Ayoade, J.A. 1985. *Leucaena leucocephala* cv. Peru leaf hay as a protein supplement for goats fed chopped maize stover. *Leucaena* Research Reports, 6, 65.

Carew, B.A. 1982. Free choice response of extensively managed goats in a tropical environment. Centre international pour l'élevage en Afrique, Ibadan, Nigéria. Document du Programme des zones humides, 8. 16 p.

Chadhokar, P.A., Kantharaja, H.R. 1980. Effect of *Gliricidia maculata* on growth and breeding of Barmer ewes. Tropical Grasslands, 14, 78–82.

CIPEA (Centre international pour l'élevage en Afrique). 1985. Trypano-tolerant cattle production in southern Nigeria. CIPEA, Ibadan, Nigéria. Document du Programme des zones humides. 31 p.

Cochran, R.C., Del Carpio, A., Parker, G.F., Hallford, D.M., Van Keuren, R.W., Dehority, B.A., Vidal, H., Cordero, T. 1984. Growth response of Peruvian Criollo goats consuming varying levels of *Acacia macrantha*, *Leucaena leucocephala* and corn stalks. Nutrition Reports International, 29, 495–503.

Gray, S.G. 1968. A review of research on *Leucaena leucocephala*. Tropical Grasslands, 2, 19–30.

Hill, G.D. 1971. *Leucaena leucocephala* for pastures in the tropics. Herbage Abstracts, 41, 111–119.

Ifut, J.O. 1981. The nutritional value of *Gliricidia sepium*, *Panicum maximum* and peals of *Manihot* spp. fed to West African Dwarf goats. Department of Animal Science, Université d'Ibadan, Ibadan, Nigéria. Thèse de doctorat.

Jahnke, H.E. 1982. Livestock production systems and livestock development in tropical Africa. Kieler Wissenschaftsverlag Vauk, Kiel, RFA. 253 p.

Jones, R.J. 1979. The value of *Leucaena leucocephala* as a feed for ruminants in the tropics. World Animal Review, 31, 13–23.

_____1981. Does ruminal metabolism of mimosine and DHP explain the absence of *Leucaena* toxicity in Hawaii? Australian Veterinary Journal, 57, 55–56.

Jones, R.J., Blunt, C.G., Holmes, J.H.G. 1976. Enlarged thyroid glands in cattle grazing *Leucaena* pastures. Tropical Grasslands, 10, 113–116.

Jones, R.J., Lowry, J.B., Megarity, R.G. 1985. Transfer of DHP degrading bacteria from adapted to unadapted ruminants. *Leucaena* Research Reports, 6, 5–7.

Lowry, J.B. 1983. Detoxification of *Leucaena* by enzymic or microbial processes.*In*:*Leucaena* research in the Asian–Pacific region: proceedings of a workshop held in Singapore, 23–26 novembre 1982. Centre de recherches pour le développement international, Ottawa, Ont., Canada. IDRC-211e, 49–54.

Mack, S.D. 1983. Evaluation of the productivity of West African Dwarf sheep and goats in southern Nigeria. Centre international pour l'élevage en Afrique, Ibadan, Nigéria. Document 7 du Programme des zones humides. 39 p.

Mani, R.I. 1984. Browse selection and intake behaviour of West African Dwarf sheep and goats. Université d'Ibadan, Ibadan, Nigéria. Thèse de maîtrise en sciences. 88 p.

NAS (National Academy of Sciences). 1977. *Leucaena* — promising forage and tree crop for the tropics. NAS, Washington, DC, É.-U. 237 p.

Reynolds, L., Adeoye, S.A.O. 1985. Small ruminant production and nutrition in southern Nigeria. Exposé présenté à la Conférence nationale sur l'élevage des petits ruminants, octobre 1985, Zaria, Nigéria. 6 p.

Sumberg, J.E., McIntire, J., Okali, C., Atta-Krah, A.N. 1985. Economic analysis of alley farming with small ruminants. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba, Éthiopie. Document interne. 18 p.

Wong, C.C., Devendra, C. 1983. Research on *Leucaena* forage production in Malaysia. *In* *Leucaena* research in the Asian–Pacific region: proceedings of a workshop held in Singapore, 23–26 novembre 1982. Centre de recherches pour le développement international, Ottawa, Ont., Canada. IDRC-211e, 55–60.

Arbres fixateurs d'azote utilisés comme fourrage et comme brout en Afrique

J.L. Brewbaker

University of Hawaii, PO Box 680, Waimanalo, HI, É.-U. 96795

Résumé *— Bien que plusieurs espèces importantes d'arbres fixateurs d'azote soient connues un peu partout, nous ne disposons pas encore des données de base relatives à leur potentiel génétique. Beaucoup d'autres espèces ou de genres méritent que l'on s'y attarde sérieusement, eu égard, notamment, à la digestibilité de la matière sèche, la faculté d'adaptation et la résistance à un élagage régulier pour les besoins de la culture en couloirs. Il nous reste encore à identifier de nombreuses espèces d'arbres et de buissons fixateurs d'azote. C'est pourquoi tout exposé du genre de celui-ci ne peut être qu'un rapport d'étape. Des 640 arbres et buissons fixateurs d'azote connus, seulement 80, environ, peuvent fournir un bon brout ou un bon fourrage. Nous ne disposons des données relatives à la digestibilité de la matière sèche (DMS) que pour certaines de ces espèces et il faut reconnaître qu'elles sont souvent décevantes malgré une forte teneur en protéines. Enfin, peu de ces espèces ont été évaluées dans le cadre d'un système de culture en couloirs, avec un élagage régulier.* Gliricidia *et* Leucaena *présentent des qualités exceptionnelles comme espèces fourragères utilisables pour les besoins de la culture en couloirs et leurs gamètes méritent que l'on continue de les étendre, de les hybrider et de les évaluer.*

Introduction

À partir d'un total d'environ 5 000 espèces arborescentes fixatrices d'azote, il a été possible de ramener ce nombre à 640 (Halliday 1984) fixateurs connus, puis à 80 plantes fourragères et pastorales connues (voir Annexe), pour terminer par la sélection de 5 spécimens valables. Ce genre d'élimination sélective a généralement deux objectifs :

- encourager les recherches portant sur les quelques espèces fixatrices d'azote dotées d'un potentiel exceptionnel comme plantes fourragères (ex. : *Gliricidia sepium* et *Leucaena leucocephala*;
- encourager les recherches destinées à identifier d'autres espèces prometteuses qui viendront s'ajouter aux premières.

Les travaux que nous avons entrepris avec 12 espèces de *Leucaena* et 1 de *Gliricidia* encouragent la première démarche car leurs réservoirs génétiques ont à peine été exploités. Par exemple, il devient aujourd'hui évident que

L. leucocephala (l'espèce commerciale) hybride bien avec les 11 autres espèces du genre et plusieurs d'entre elles ont un bon potentiel commercial. La passionnante «découverte» d'espèces telles que le *tagasaste* (*Chamaecytisus palmensis*), cependant, encourage la seconde approche. Quoi qu'il en soit, nous manquons indubitablement de données sur les arbres et buissons fourragers qui présentent une digestibilité élevée et qui pourraient, donc, être plantés dans une parcelle cultivée en couloirs.

Arbres fixateurs d'azote utilisés comme espèces fourragères

Dans les régions tropicales et subtropicales, on utilise comme fourrage une vaste gamme d'arbres et de buissons, souvent broutés ou simplement ébranchés avant d'être donnés au bétail (Skerman 1977; Le Houérou 1980). Près de 80 espèces ont été choisies pour être évaluées. On sait qu'elles servent de fourrage et l'on sait aussi, ou l'on pense, qu'elles fixent l'azote (Allen et Allen 1981; Halliday 1984). La plupart des légumineuses fixent l'azote (plus de 92 % des Mimosacées et des Papilionacées mais seulement 34 % des Césalpinées), de même que certains genres de neuf autres familles végétales : Bétulacées, Casuarinacées, Cornacées, Cycadées, Eléagnacées, Myrtacées, Rhamnacées, Rosacées et Ulmacées.

Pour dresser la liste des espèces étudiées, nous avons posé les critères suivants :

- Tout type de fourrage (feuillage, gousses, graines, etc.) serait étudié;
- On a défini les espèces applicables à l'Afrique comme celles possédant déjà un potentiel (ou susceptibles d'en posséder) d'exploitation dans la région;
- On a pris en considération toutes les espèces ligneuses vivaces qui poussent sous forme de buissons ou d'arbres, à l'exclusion des petits buissons rampants et des espèces grimpantes;
- Toutes les espèces, pense-t-on, repoussent facilement après avoir été broutées ou écimées.

Toutes les espèces choisies peuvent être ensemencées mais peu sont capables, croit-on, de se propager facilement.

Espèces exceptionnelles

La valeur en tant que fourrage des espèces étudiées est représentée, de manière empirique, par les symboles suivants : ***, excellente — espèce fourragère, largement utilisée et d'une valeur élevée; **, très bonne — espèce fourragère déjà utilisée, méritant qu'on l'étudie mais présentant certains inconvénients tels qu'une croissance lente ou une faible DMS; *, bonne ou assez bonne — espèce utilisée en dépit de problèmes de qualité et d'entretien. Les espèces non classées donnent un fourrage de piètre qualité et présentent de gros inconvénients. La discussion qui suit portera principalement sur les espèces les plus favorablement évaluées, que l'on considère comme exceptionnelles.

Parmi les acacias, seuls *Acacia aneura* et *A. nilotica* sont jugés valables. Le

premier a fait l'objet de très rares essais à l'extérieur de l'Australie et le second est épineux; ils tolèrent bien la sécheresse mais croissent lentement. Les acacias suivants ont obtenu une évaluation défavorable : *A. albida*, *A. estrophiolata*, *A. farnesiana*, *A. nubica*, *A. pendula*, *A. polyacantha*, *A. seyal* et *A. victoriae*. L'acacia est le plus important et le plus diversifié, sur le plan écologique, des genres fixateurs d'azote (on estime qu'il existe 1 200 espèces, près de 800 en Océanie) et l'utilisation fourragère de ces diverses espèces a fait l'objet de nombreuses études (Jurriaanse 1950; Chippendale et Jephcott 1963; Everist 1969; Skerman 1977; Bamualin et al. 1980; Pellew 1980). Beaucoup d'acacias tolèrent remarquablement bien la sécheresse et méritent qu'on étudie de plus près leur potentiel fourrager. Toutefois, la plupart des espèces énumérées ici présentent une faible DMS, sont épineuses, croissent lentement et possèdent d'autres inconvénients majeurs.

Les espèces du genre *Albizia* sont souvent toxiques et riches en tanin mais leur croissance peut être rapide. Toutefois, aucune n'est considérée ici comme une bonne source de fourrage. *Cajanus cajan* (*) n'est pas une espèce fourragère importante mais sa DMS est assez bonne et elle fait l'objet d'importantes recherches internationales en qualité de culture vivrière. Certaines variétés tardives de haute taille sont extrêmement vivaces et, par conséquent, mieux adaptées à la culture en couloirs. *Chamaecytisus palmensis* (**) est un buisson des climats tempérés, d'un intérêt exceptionnel, source d'un fourrage de bonne qualité et de bon rendement. *Desmanthus virgatus* (**) croît facilement et sa DMS est élevée. Cette espèce mérite que l'on poursuive les recherches mais elle occupe habituellement la même niche écologique que *Leucaena* qui la surpasse de beaucoup. Nous devrions en apprendre davantage sur les autres espèces *Desmanthus*. Les buissons des espèces *Desmodium* (*) ont un goût acceptable et leur croissance est vigoureuse mais ils ne présentent pas un grand intérêt comme fourrage.

Gliricidia sepium (**) est généralement bien accepté des agriculteurs qui apprécient la facilité avec laquelle il se propage. Bien que son rendement soit inférieur à celui de nombreuses légumineuses fourragères, la qualité du fourrage qu'il fournit est bonne. Il est très rare que les animaux le broutent d'eux-mêmes (sans aucun doute à cause de son odeur déplaisante ou des toxines qu'il peut contenir) mais il est très bien accepté lorsqu'on le récolte pour en faire du fourrage.

Leucaena leucocephala (***) a retenu l'attention à l'échelle internationale et fait un peu partout l'objet de recherches; cette essence ne croît que sur les sols alcalins et dans les régions tropicales chaudes. Plusieurs espèces de *Leucaena* parmi les 12 ou plus de ce genre pourraient être améliorées, y compris *L. collinsii*, *L. diversifolia*, *L. lanceolata* et *L. pulverulenta*. Les insectes psylle posent aujourd'hui un problème dans les Philippines et les îles du Pacifique mais il semble que l'on puisse utiliser des parasites et des prédateurs pour lutter contre eux. La tolérance génétique est également courante chez les *Leucaena*.

Plusieurs espèces de *Prosopis* sont considérées comme des fourrages utiles dans les régions sèches (surtout les gousses) mais elles sont souvent épineuses et croissent lentement. Il existe toutefois des variétés sans épines (*P. alba* et *P. pallida*). *Sesbania grandiflora* (*) est une espèce vivrière et ornementale abondamment cultivée. On peut en faire du fourrage mais sa vie est généralement brève et son biotope très limité. *Sesbania sesban* se prête bien à la culture en couloirs mais son potentiel fourrager est fort douteux.

Arbres fixateurs d'azote économiquement importants en Afrique

La flore indigène d'Afrique englobe deux familles, au moins, dans lesquelles on trouve des espèces fixatrices d'azote : les Légumineuses et les Myrtacées (Tableau 1). Du point de vue économique, les arbres fixateurs d'azote indigènes en Afrique englobent plusieurs espèces légumineuses (Tableau 2). La révision de la classification de Dalziel (1937) permet actuellement de clarifier la taxinomie de bon nombre de ces espèces et d'y ajouter les synonymes.

Beaucoup de légumineuses arborescentes ne fixent pas l'azote, notamment les genres des Césalpinées (ex. : *Bauhinia*, *Caesalpinia*, *Cassia* et *Parkinsonia*). Aucune présence de nodosités n'a été remarquée chez les légumineuses arborescentes suivantes qui ont une importance en Afrique : *Afzelia bella* et les espèces *Afzelia* apparentées, *Anthonotha fragrans* et *A. macrophylla*, les espèces *Brachystegia*, *Daniellia*, *Detarium microcarpum* et *D. senegalense*, les espèces *Dialium guineense*, *Eruthrophleum ivorense* et les espèces *E. guineense*, *Isoberlinia doka*, *Millettia*, *Ostryoderris lucida*, *Parkia clappertoniana*, *Pentaclethra*, *Piptadeniastrum africanum*, *Tetrapleura tetraptera*, et *Virgilia divaricata*. Beaucoup de ces espèces ont une importance économique et leur capacité de porter des nodosités mérite d'être évaluée. Il faudrait également rechercher des rhizobiums efficaces.

Parmi les arbres importants, fixateurs d'azote, qui ont été introduits en Afrique, on compte : *Acacia auriculiformis*, *Acrocarpus fraxinifolius*, *Cajanus cajan*, *Casuarina equisetifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Samanea saman*, et *Tamarindus indica* (porte rarement des nodosités mais cela s'était récemment produit en Chine).

Tableau 1. Genre des arbres fixateurs d'azote dont les espèces sont indigènes en Afrique.

Famille et sous-famille	Genre
Légumineuses	
Césalpinées	*Brachystegia, Cassia, Colvillea, Cordeauxia*[a], *Dialium, Erythrophleum, Gossweilerodendron, Intsia, Parkinsonia, Trachylobium*
Mimosacées	*Acacia, Albizia, Dichrostachys, Entada, Mimosa, Parkia, Pentaclethra, Prosopis*
Papilionacées	*Baphia, Cajanus*[a], *Craibia, Dalbergia, Dalbergiella, Dewevrea, Erythrina, Flemingia*[a], *Genista, Laburnum, Lonchocarpus, Millettia, Mundulea, Ormocarpum, Ormosia, Ostryoderris, Pericopsis, Pterocarpus, Sesbania, Sophora, Tephrosia*[a], *Virgilia, Xanthocercis, Xeroderris*
Myrtacées	*Myrica*

[a] Genre buissonneux.

Tableau 2. Espèces arborescentes connues pour fixer l'azote, indigènes en Afrique et dotées d'une importance économique.

Espèces	Usages
Acacia albida Del.	Brout, bois de chauffage, tanin
Acacia nilotica (L.) Willd. ex Del.	Brout, bois de chauffage, charbon, tanin, gomme
Acacia senegal (L.) Willd.	Brout, bois de chauffage, charbon
Acacia tortilis (Forsk.) Hayne	Fourrage, bois de chauffage
Albizia gummifera (Gmel.) C.A. Smith	Brout, charbon
Albizia lebbek (L.) Benth.	Fourrage, bois de chauffage, meuble
Baphia nitida Lodd.	Brout, bois de chauffage, clôtures vivantes, teintures
Brachystegia spiciformis Benth.	Bois de chauffage
Cordeauxia edulis Hemsl.	Brout, noix, teintures
Dalbergia melanoxylon Guill. & Perr.	Bois de construction
Entada abyssinica Steud. ex A. Rich	Brout, fruits
Entada africana Guill. & Perr.	Bois de chauffage
Erythrina abyssinica Lam.	Brout, engrais vert, fruits
Erythrophleum africanum (Welw. ex Benth.) Harms	Charbon, bois de construction
Erythrophleum suaveolens (Guill. & Perr.) Brenan	Charbon, bois de construction
Flemingia macrophylla (Willd.) Merrill (=*F. congesta* Roxb.)	Brout
Gossweilerodendron balsamiferum (Verms) Harms	Bois de construction
Lonchocarpus sericeus H.B.K.	Bois de construction
Parkia filicoidea Welw. (syn. *P. africana* (R.Br.))	Brout, bois de chauffage, graines comestibles, teintures
Prosopis africana (Guill. & Perr.) Taub.	Bois de chauffage, tanin
Pterocarpus santalinoides L.	Bois de construction, légume à feuilles
Pterocarpus soyauxii Taub.	Bois de construction, légume à feuilles
Sesbania sesban (L.) Merr.	Fourrage, engrais vert
Tephrosia candida (Roxb.) DC.	Engrais vert
Trachylobium verrucosum (Gaertn.) Oliv.	Résine
Virgilia capensis (L.) Poir	Bois de chauffage, gomme
Xeroderris stuhlmannii (Taub.) Mend. & Sousa	Brout, bois de construction

Qualité du fourrage

Les données sur la qualité du fourrage et autres, portant sur les arbres et buissons fixateurs d'azote, se trouvent, sous forme de base de données étendue, à la Nitrogen Fixing Tree Association, Wiamanalo, HI, É.-U. Une base de données connexe, applicable à tous les arbres fourragers, est en cours d'élaboration au Conseil international pour la recherche en agroforesterie (CIRAF) de Nairobi, au Kenya (Robinson 1985). Les 22 espèces considérées comme «bonnes» à «excellentes» représentent environ 25 % des 80 espèces étudiées ici et moins de 10 % de celles qui sont considérées comme des espèces fourragères dans les documents que nous avons étudiés. Il est évident que la qualité du fourrage est largement tributaire

de cette attrition. Une bonne partie des arbres et buissons ont tout simplement un goût qui déplaît aux animaux.

Le pourcentage de DMS représente l'évaluation la plus importante d'une légumineuse tropicale. Seul celui de quelques espèces a déjà été calculé et il faudrait évidemment pallier cette lacune. On obtient actuellement le pourcentage de la DMS au moyen de la digestion enzymatique in vitro des cellulases bactériennes (MacLeod et Minson 1978). On peut aussi le calculer chez les animaux qui ont subi une fistulisation, en employant la technique du sac de nylon. La DMS des feuilles de 17 légumineuses fourragères approche les 60 % (Minson et Wilson 1980) et peut être rattachée à la teneur en fibres et en lignine des espèces (Bamualin et al. 1980). On suppose que les pourcentages cités ici représentent une «bouchée», sauf indication contraire, et sont principalement extraits des travaux de Russell (1947), McLeod (1973), Bamualin et al. (1980), Singh (1982) et Mahyuddin (1983). Les pourcentages varient largement, de plus de 60 % dans le cas d'espèces telles que *Gliricidia* et *Leucaena* à seulement 30 % lorsqu'il s'agit d'espèces fibreuses, souvent phyllodineuses. La consommation des animaux est directement reliée à la DMS et, à l'intérieur de la même espèce, à la DMS des tissus broutés (Minson 1983).

La teneur élevée en tanin, par exemple celle des calliandres, joue très clairement le rôle d'anti-appétant. Plusieurs substances toxiques ont été détectées dans les espèces étudiées (ex. : la robitine dans les robiniers, les glycosides cyanogènes et l'acide fluoroacétique dans les acacias). On associe fréquemment de fortes odeurs de feuilles écrasées (*Gliricidia* et *Pongamia*) avec une faible consommation. On sait que des espèces telles que *Cytisus*, Erythrina et *Sophora* contiennent d'autres toxines.

Les anti-appétants se trouvent dans de nombreuses espèces fixatrices d'azote et sont le fruit naturel de l'évolution concomitante de ces espèces et des herbivores. Les épines sont évidemment les plus visibles mais on trouve également dans certaines légumineuses des composés cyanogènes (Mahyuddin 1983).

Mélanges d'espèces et fourrages mixtes

Les exploitants de pâturages herbacés sous des climats tempérés pensent automatiquement à des mélanges graminées–légumineuses. Parmi les exemples de systèmes agroforestiers fructueux, mis en place sous les tropiques, on compte les haies de *Leucaena* dans les pâturages herbacés, les arbres à bois de construction ou employés comme bois de chauffage dans les pâturages herbacés et les clôtures de légumineuses telles que *Gliricidia* autour des zones de broutage.

Un nombre extrêmement élevé d'arbres fourragers au goût apprécié du bétail ne fixent pas l'azote (Le Houérou 1980; Singh 1982). Ce phénomène est particulièrement notable sur les hauts plateaux tropicaux car les espèces ligneuses fixatrices d'azote se font de plus en plus rares au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur. En revanche, les plantes actinorhizomateuses (ex. : *Alnus*, *Ceanothus*, *Elaeagnus*, *Parasponia*) deviennent plus communes. Parmi les arbres et buissons fourragers très productifs qui ne fixent pas l'azote, on compte (L : légumineuse) : *Artemisia*, *Artocarpus*, *Atriplex*, *Azadirachta*, *Bauhinia* (L), *Cassia* (L), *Ceratonia*

(L), *Cercidium* (L), *Ficus*, *Gleditschia* (L), *Haloxylon*, *Morus*, *Quercus*, et *Parkinsonia* (L) (Le Houérou 1978; Halliday 1984).

Des mélanges spéciaux se sont révélés économiquement intéressants sous les climats tempérés mais uniquement après de méticuleuses mises au point des espèces, des variétés, des conditions de fertilité et des tendances en matière d'élevage. Les mélanges d'espèces ligneuses, d'herbes et de récoltes utilisés par les méthodes de culture en couloirs méritent tout autant qu'on s'y intéresse à long terme, de manière à mettre au point les systèmes les plus économiques de broutage ou de récolte des espèces fourragères sous les tropiques.

Il est évident que le déboisement des régions tropicales, qui se produit au rythme de $10–20 \times 10^6$ ha/an, a fait disparaître à tout jamais les arbres fourragers sauvages dans de nombreux pays (Brewbaker et al. 1982). On estime que d'ici l'an 2000, les forêts tropicales ne recouvriront que 750×10^6 ha, ce qui représente une perte de 75 %, au XX^e siècle seulement. La majeure partie des forêts restantes se trouvera en Indonésie et en Amérique. Toutefois, les pâturages naturels recouvrent plus de 3×10^9 ha. L'ajout à ces terres de buissons et d'arbres d'espèces légumineuses pourrait avoir d'extraordinaires répercussions sur la consommation des animaux et la valeur nutritive du fourrage. Les arbres multifonctionnels qui servent à la fois de fourrage et de bois de chauffage deviendront de plus en plus précieux sous les tropiques et le fourrage devrait devenir un produit important, au même titre que le bois de chauffage et le bois de construction (Brewbaker et al. 1984; Burley et Von Carlowitz 1984).

Parmi les excellentes études sur les buissons et les arbres fourragers, on compte les recherches sur les légumineuses de Skerman (1977) et de la NAS (1979) et les recherches sur l'Afrique de Le Houérou (1978, cité dans Le Houérou 1980). Parmi les études régionales, on compte les recherches sur l'Afrique (Jurriaanse 1950; Dougall et Bogdan 1958; Lamprey et al. 1980; Le Houérou 1980), sur l'Australie (Chippendale et Jephcott 1963; Everist 1969), sur le Népal (Panday 1982) et sur l'Inde (Sharma 1977; Singh 1982).

Références

Allen, O.N., Allen, E.K.. 1981. The Leguminosae: a source book of characteristics, uses, and nodulation. University of Wisconsin Press, Madison, WI, É.-U. 812 p.

Bamualin, A., Jones, R.J., Murray, R.M. 1980. Nutritive value of tropical browse legumes in the dry season. Proceedings of the Australian Society of Animal Production, 13, 229–232.

Brewbaker, J.L., Van den Beldt, R., MacDicken, K. 1982. Nitrogen-fixing tree resources: potentials and limitations. *In* Graham, P.H., Harris, S.C., éd., BNF technology for tropical agriculture. Centre international d'agriculture tropicale, Cali, Colombie, 413–425.

_____1984. Fuelwood uses and properties of nitrogen-fixing trees. Pesquisa Agropecuaria Brasiliera, 19, 193–204.

Burley, J., Von Carlowitz, P., éd. 1984. Multipurpose tree germplasm. Conseil international pour la recherche en agroforesterie, Nairobi, Kenya.

Chippendale, G.M., Jephcott, B.R. 1963. Topfeed: the fodder trees and shrubs of Central

Australia. Animal Industries Branch, Department of Primary Industries, Canberra, ACT, Australie. Extension Article 5.

Cossalter, C. 1985. Introduction of Australia acacias in dry tropical Africa. *In* Felker, P., éd., Symposium on Establishment and Production of Tree Plantings in Semi-arid Regions. Texas University of Arts and Industry, Kingsville, Texas, É.-U.

Dalziel, J.M. 1937. The useful plants of West Tropical Africa. Crown Agents for the Colonies, Londres, R.-U. 611 p.

Dougall, H.W., Bogdan, A.V. 1958. Browse plants of Kenya. East African Agricultural Journal, 236–246.

Everist, S.L. 1969. Use of fodder trees and shrubs. Division of Plant Industries, Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, Qld, Australie. Advisory Leaflet 1024, 44 p.

Halliday, J. 1984. Register of nodulation reports for leguminous trees and other arboreal genera with nitrogen fixing members. Nitrogen Fixing Tree Association, Waimanalo, HI, É.-U. Research Report, 2, 38–45.

Jurriaanse, A. 1950. Fodder trees. Farming in South Africa, juin 1950, 181–188.

Lamprey, H.F., Herlocker, D.J., Field, C.R. 1980. Report on the state of knowledge on browse in East Africa in 1980. *In* Le Houérou, H.N., éd., Browse in Africa. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba, Éthiopie, 33–54.

Le Houérou, H.N. 1978. The role of shrubs and trees in the management of natural grazing lands (with particular reference to protein production). *In* Proceedings of the 8th World Forestry Congress, Djakarta, Indonésie.

_____1980. Chemical composition and nutritive value of browse in Tropical West Africa. *In* Le Houérou, H.N., éd., Browse in Africa. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba, Éthiopie, 261–297.

Mahyuddin, P. 1983. Nutritive value of tree legume leaves. *In* 1983 research report. Balai Penelitian Ternak, Ciawi, Bogor, Indonésie.

McLeod, M.N. 1973. The digestibility and the N, P and ash contents of the leaves of some Australian trees and shrubs. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 13, 245–250.

McLeod, M.N., Minson, D.J. 1978. The accuracy of the pepsin–cellulase technique for estimating the dry matter digestibility in vivo of grasses and legumes. Animal Feed Science and Technology, 3, 277–287.

Minson, D.J. 1983. Forage quality: assessing the plant–animal complex. *In* Proceedings of the 14th International Grassland Congress, Lexington, KY, É.-U., 23–29.

Minson, D.J., Wilson, J.R. 1980. Comparative digestibility of tropical and temperate forage — a contrast between grasses and legumes. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science, 247–249.

NAS (National Academy of Sciences). 1979. Tropical legumes: resources for the future. NAS, Washington, DC, É.-U. 331 p.

Okigbo, B.N. 1984. Nitrogen fixing trees in Africa: priorities and research agenda in multiuse exploitation of plant resources. Pesquisa Agropecuaria Brasiliera, 19, 325–330.

Panday, K. 1982. Fodder trees and tree fodder in Nepal. Institut fédéral de recherche forestière, Birmensdorf, Suisse. 107 p.

Pellew, R.A. 1980. The production and consumption of acacia browse and its potential for

animal protein production. *In* Le Houérou, éd., Browse in Africa. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba, Éthiopie, 223–231.

Robinson, P.J. 1985. Trees as fodder crops. *In* Cannell, M.G.R., Jackson, J.E., Attributes of trees as crop plants. Institute of Terrestrial Ecology, Huntingdon, R.-U., 281–300.

Russell, F.C. 1947. The chemical composition and digestibility of fodder shrubs and trees. *In* The use and misuse of shrubs and trees as fodder. Imperial Agricultural Bureau, Londres, R.-U.

Sharma, O.P. 1977. Fodder trees of Himachal Pradesh. Indian Farming, 88–92.

Singh, R.V. 1982. Fodder trees of India. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, Inde. 663 p.

Skerman, P.J. 1977. Tropical forage legumes. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie. Plant Production and Protection Serial 2, 609 p.

Annexe : Arbres et buissons tropicaux utilisés comme fourrage et fixateurs d'azote

La présentation suivante a été utilisée pour énumérer et décrire les espèces d'arbres et de buissons qui constituent cette annexe.

Genre et *espèce*; «noms vernaculaires» (famille : sous-famille de la première espèce du genre)

1. Région d'origine; distribution; usages
2. Description; caractéristiques botaniques; caractéristiques écologiques
3. Valeur en tant que fourrage (*** : excellente, ** : bonne, * : bonne à moins bonne); utilisation comme fourrage, digestibilité; problèmes éventuels.

Acacia albida Del; «acacia blanc», «kad» (Légumineuses : Mimosacées)

1. Afrique; vaste distribution, croît aujourd'hui en Inde et en Israël; fourrage, arbre ornemental, ombre, engrais vert.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 20 m = *Acacia leucophloea*, dépourvu de feuilles pendant la saison pluvieuse, bipenné, épineux; tolère la sécheresse (300 mm de pluie), sensible au gel.
3. *; gousses comestibles ainsi que le feuillage (saison sèche); croissance rapide si bien arrosé (10 m en 7 ans).

Acacia aneura F. Muell. ex Benth; «mulga»

1. Australie, vaste distribution; bois dur, bois de chauffage, arbre ornemental, brouté de façon variable.
2. Arbre ou buisson d'une hauteur allant jusqu'à 12 m; phyllodes; croissance lente, tolère très bien la sécheresse (jusqu'à 200 mm), sensible au gel.
3. **; certaines variétés produisent un bon fourrage, c'est «l'arbre fourrager le plus important en Australie» (Everist 1969); largement brouté; faible DMS du feuillage (39 %), transplanté sans grand succès en Afrique.

Acacia angustissima Miller

1. Amérique centrale.
2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 5 m; non épineux; croiss-nce rapide.
3. Utilisé comme fourrage en Indonésie.

Acacia bidwillii Benth.; «Corkwood Wattle»

1. Australie
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 7 m, apparenté avec *A. calcigera*; bipenné, préfère les milieux mésiques.
3. Bonne espèce fourragère.

Acacia coriacea (DC.) «Wirewood», «Desert Oak», «Dogwood»

1. Nord de l'Australie, 1,5 m ha; introduit en Afrique.
2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 7 m; phyllodes; croissance lente, tolère bien la sécheresse, résiste au feu.
3. Feuilles et gousses comestibles mais au goût peu agréable; il est préférable de les laisser sécher; faible production foliaire.

Acacia currasavica

1. Amérique; fourrage.
2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 5 m; sans épines, bipenné; tolère le froid.
3. DMS des feuilles = 64 % (tiges = 28 %).

Acacia estrophiolata F. Muell.; «Ironwood»

1. Australie seulement.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 15 m; phyllodes; croissance lente, longue vie, tolère la sécheresse.

3. *; bétail très friand du feuillage; l'arbre devient trop haut.

Acacia excelsa Benth.; «Ironwood», «Ironwood Wattle»
1. Nord-ouest de l'Australie; bois de chauffage, fourrage.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 10 m; tolère assez bien la sécheresse.
3. Abondamment consommé par le bétail mais peut provoquer un fécalome.

Acacia farnesiana (L.) Willd.; «cassier», «acacia odorant», «huisache» (Mexique), «Mimosa Bush», «klu» (Hawaii)
1. Amériques, aujourd'hui distribution mondiale; buisson ornemental, cultivé pour l'extrait de parfum, le tanin, les teintures, les gommes.
2. Buisson d'une hauteur de 2 à 7 m; bipenné; forme des taillis, épines stipulaires (<1 cm); tolère le gel, croissance rapide, adventice, tolère les sols fortement argileux.
3. *; jeunes gousses surtout; DMS du feuillage = 54 %, contient des glycosides cyanogènes.

Acacia holosericea A. Cunn ex G. Don
1. Nord de l'Australie; pousse bien en Afrique; bois de chauffage, ornemental, haies.
2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 5 m; phyllodes; s'adapte très bien, tolère les sols salins mais ne résiste pas à une sécheresse prolongée.
3. Produit un fourrage abondant mais on ne le donne aux animaux que sous forme de phyllodes séchés.

Acacia homalophylla A. Cunn. ex Benth.; «yarran»
1. Nord-ouest de l'Australie; fourrage.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 8 m; phyllodes.
3. Feuilles appréciées, valeur comparable à celle d'*Acacia aneura*.

Acacia litakunensis Burch; «Umbrella thorn»
1. Sud de l'Afrique; fourrage.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 10 m; épineux, bipenné; forme des fourrés.
3. Les gousses sont appréciées du bétail.

Acacia neriifolia A. Cunn. ex Benth.; «acacia blanc»
1. Australie; brise-vent, fourrage de dernier recours.
2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 8 m; phyllodes; tolère la sécheresse et le gel.
3. Feuillage uniquement brouté en période de crise.

Acacia nilotica (L.) Willd. ex Del, «babul» (Inde), «munga» (Afrique), «Acacia d'Égypte» (Australie), «gommier rouge», «gommier d'Égypte»
1. Inde et Afrique; aujourd'hui très répandu; bois de chauffage, charbon, tanin et gomme, fourrage.
2. Arbre d'une hauteur de 6 à 12 m; très épineux, bipenné; tropiques, plaines et plateaux, sensible au gel, tolère la sécheresse, feuilles caduques.
3. **; bonne production de feuilles et gousses, bon fourrage; gousses sucrées, broutées avec appétit, mais peuvent donner des ballonnements; beaucoup d'insectes parasites.

Acacia nubica Benth.; «acacia de Nubie» (Soudan)
1. Nord-Est de l'Afrique; buisson fourrager.
2. Hauteur allant jusqu'à 5 m; épineux, bipenné.
3. *; important buisson fourrager d'Afrique.

Acacia pendula A. Cunn. ex G. Don; «myall»
1. Australie; introduit en Israël; fourrage, ombre, bois de construction, bois de chauffage.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 8 m; beau port, phyllodes; subtropical, tolère la sécheresse.
3. *; fourrage de sécheresse; DMS du feuillage = 47 %.

Acacia polyacantha Willd.; «catéchu», «cachoutier»

1. Afrique, Inde; fourrage, charbon, gomme noire, teinture.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 25 m, = *A. catechu*; épines recourbées, bipenné, adventice; plaines et plateaux jusqu'à 1 000 m, supporte un gel modéré, tolère peu la sécheresse, forme de beaux taillis, longue vie.
3. *; rythme de croissance moyen; bonne DMS (61 %); beaucoup de parasites et de maladies, faible teneur en tanin (1,5 %).

Acacia saligna (Lindl.) H. Wendl.; «acacia à feuilles bleues»

1. Ouest de l'Australie (aujourd'hui très répandu); courant dans le sud et le nord de l'Afrique; ornemental, fourrage, bois de chauffage, lutte contre l'érosion, stabilisation des dunes.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 8 m, = *S. cyanophylla*; phyllodes; croissance rapide, tolère la sécheresse, le feu, les sols salins et le vent.
3. Peu brouté; parfois toxique pour le bétail, teneur élevée des feuilles en tanin et des gousses en saponine.

Acacia senegal (L.) Willd.; «acacia à gomme arabique», «hashab»

1. Afrique et Inde; bois de chauffage, charbon, gomme arabique, fourrage.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 10 m, mais souvent en buissons; feuilles caduques, épineux bipenné; tropiques secs jusqu'à 200 mm de pluviosité.
3. Peu important comme fourrage, mais les gousses et le feuillage sont consommés par les chèvres et les chameaux.

Acacia seyal Del.; «arbre à gomme», «acacia seyal», «dushe» (Nigéria)

1. Afrique du Nord; bois, gommes et tanin, important comme fourrage (gousses, feuilles, écorce).
2. Arbre élancé, d'une hauteur allant jusqu'à 12 m; bipenné; longues épines; tropiques semi-arides.
3. *; écorce appréciée comme fourrage, jusqu'à 10 % de protéines; feuilles et gousses également consommées en Afrique par le bétail.

Acacia sieberiana DC.

1. Ouest de l'Afrique; gomme, fourrage, miel, meuble.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 10 m; tolère la sécheresse mais colonise les berges des cours d'eau.
3. Fourrage précieux pendant la saison sèche.

Acacia tortilis (Forsk) Hayne

1. Afrique; introduit en Asie tropicale; bois de chauffage, fourrage.
2. Arbre à cime plate, d'une hauteur allant jusqu'à 15 m, mais formant souvent des buissons; épineux, bipenné; tropiques secs, jusqu'à 100 mm, tolère les sols alcalins, sensible au gel, jusqu'à 1 200 m au Kenya.
3. Feuilles broutées par les chèvres, gousses formant le fourrage principal («tortilis» = gousse recoubée).

Acacia trachycarpa E. Pritzel

1. Australie.
2. Petit arbre d'une hauteur allant jusqu'à 5 m; phyllodes; longue vie, résiste assez bien à la sécheresse.
3. Bien accepté des animaux mais croissance lente.

Acacia victoriae Benth.; «Gundabluey», «Acacia Bush», «Cornouillier élégant»

1. Australie (très répandu); fourrage, ornemental, brise-vent.
2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 5 m; envahissant, souvent épineux; vie brève, forme souvent des fourrés, tolère les sols sableux et salins, résiste à la sécheresse (jusqu'à 350 mm).
3. *; gousses broutées, goût moyennement apprécié; espèce sempervirente mais faible production foliaire.

Acacia villosa Willd.

1. Antilles, courant en Indonésie.
2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 3 m; branches hautes, bipenné, feuilles compactes; régions tropicales de faible altitude.
3. Fourrage médiocre, teneur élevée en tanin (6 %).

Acacia xanthophloea Benth.

1. Afrique, Inde; ornemental, fourrage.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 20 m; beau port, jaune verdâtre, épineux, bipenné; tropiques sans gel.
3. Bonne production de fourrage ébranché.

Autres espèces *Acacia*, considérées comme fourragères (Everist 1969; Skerman,1977), mais de valeur douteuse : *A. argyrodendron*, *A. anqustissima*, *A. brevispica*, *A. cyperophylla*, *A. deanei*, *A. doratoxylon*, *A. gerrardii*, *A. harpophylla*, *A. kempeana*, *A. macrothyrsa*, *A. manqium*, *A. mellifera*, *A. nigrescens*, *A. oswaldii*, *A. salicina*, *A. shirleyi*, *A. sparsiflora*, *A. stenophylla*, *A. sutherlandii*, *A. tetragonophylla* et *A. tumida*.

Aeschynomene americana L.; «mimosa sans épines» (Légumineuses : Mimosacées)

1. Amérique tropicale; aujourd'hui très répandu; fourrage, foin.
2. Petit buisson d'une hauteur allant jusqu'à 2 m; plaines tropicales, milieux mésiques, tolère les sols au drainage médiocre.
3. Goût assez bien accepté par le bétail.

Aeschynomene elaphroxylon (Guill. et Perr.) Taub.; «ambatch», «pith tree», «balsa»

1. Afrique tropicale; très répandu; bois léger, liégeux; fourrage.
2. Buisson ou petit arbre, d'une hauteur allant jusqu'à 9 m, = *Herminiera elaphroxylon*; tropiques marécageux, milieux mésiques, jusqu'à 2 000 m.
3. Feuilles appréciées mais peu nombreuses; épineux, avec des poils visqueux sur les branches.

Albizia chinensis (Osb.) Merr. (Légumineuses : Mimosacées)

1. Inde; dans le nord de l'Inde jusqu'à 1 300 m, bois de construction, fourrage, ombre.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 15 m; feuilles caduques; croissance rapide, régions subtropicales, milieux mésiques et secs.
3. Faible DMS (38 %); symptômes de toxicité à doses prolongées, notamment dans le cas des jeunes feuilles; mélangé avec d'autres végétaux pour nourrir le bétail.

Albizia falcataria (L.) Fosberg

1. Indonésie, Nouvelle-Guinée; très répandu dans les tropiques humides; bois de construction (faible gravité spécifique, 0,33), pâte de bois, enrichissement des sols.
2. Arbres d'une hauteur allant jusqu'à 40 m; tropiques humides jusqu'à 1 000 mm, plaines et plateaux.
3. = *Pericriantbes falcataria*; faible DMS (39,2 %), faible teneur en tanin (2 %).

Albizia lebbeck (L.) Benth.; «bois noir», «siris»

1. Asie, Afrique; aujourd'hui répandu dans le monde; ornemental, bois de chauffage, fourrage, meuble.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 25 m; s'adapte très facilement, tropiques secs ou humides, jusqu'à 1 500 m et jusqu'à 600 mm de pluviosité, croissance de 8 m en 8 ans.
3. Fourrage complémentaire; DMS 45–55 % (jusqu'à 73 %; Singh 1982).

Albizia odoratissima Benth.

1. Népal, Inde; ornemental, fourrage.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 25 m; régions subtropicales humides, jusqu'à 1 500 m.
3. Fourrage ébranché au Népal, assez bonne qualité.

Albizia procera (Roxb.) Benth.; «Safed Siris»

1. Sud-Est de l'Asie, Inde; aujourd'hui très répandu; bois d'oeuvre, bois de chauffage, meubles, ombre.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 20 m; régions subtropicales humides, jusqu'à 1 800 m, ne tolère pas le gel.
3. Brouté par les buffles, les cervidés.

Albizia stipulata (DC.) Boiv.; «Rato Siris»

1. Népal; fourrage.
2. Arbre, comparable à *A. molaccana*; hauts plateaux jusqu'à 2 000 m.
3. Fourrage ébranché.

Autres espèces *Albizia* considérées comme fourragères, entre autres : *A. adianthifolia*, *A. amara*, *A. basaltica*, *A. harveyi* et *A. richardiana*.

Baphia nitida Lodd.; «bois de corail», «bois de canne», (Légumineuses : Papilionacées)

1. Ouest de l'Afrique; teintures, fourrage, bois de construction, propriétés médicinales, ornement, clôtures.
2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 3 m ou arbre jusqu'à 10 m; forêts tropicales humides.
3. Goût très apprécié du bétail.

Cajanus cajan (L.) Millsp.; «cajan», «Dhal», «Catjang» (Asie) (Légumineuses : Papilionacées)

1. Afrique (cultivé dès 2000 av. J.-C.); Inde, répa. du dans le monde; denrée, propriétés médicinales, engrais vert, fourrage, brise-vent, miel.
2. Buisson vivace (selon la variété) d'une hauteur allant jusqu'à 4 m; les variétés annuelles servent de denrée; tropiques secs, plaines ou plateaux moyens, ne tolère ni le gel ni le feu.
3. *; rarement utilisé comme fourrage, brout ou foin (gousses comprises); DMS du feuillage = 53 %, DMS petites tiges = 42 %; ne persiste pas après un broutage intensif ou un cépage.

Calliandra calothyrsus Meissn.; «calliandre» (Légumineuses : Mimosacées)

1. Centre et Sud de l'Amérique; bois de chauffage, engrais vert, fourrage, ornemental.
2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 8 m; tropiques humides, tolère le froid, croissance rapide, tolère les sols acides, végète sur les sols alcalins.
3. Faible valeur en tant que fourrage mais croissance rapide; faible DMS (41 %), haute teneur en tanin (7 %).

Calliandra eriophylla Benth.; «calliandre du Mexique»

1. Mexique aux É.-U.; brout, bois de chauffage.
2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 3 m, dense; sans épines.
3. Brout de valeur inconnue pour le bétail et les cervidés.

Casuarina L. spp. (Casuarinacées)

1. Australie et Asie; très répandu; bois de chauffage, charbon, ornemental.
2. Arbres; tropiques, tolère les sols salins.
3. Brouté, parfois offert comme fourrage mais de mauvaise qualité; faible DMS (<40 %), riche en fibres, pauvre en protéines.

Cathormion umbellatum (Légumineuses : Mimosacées)

1. Nord de l'Australie; brout.
2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 7 m, ressemble aux espèces *Samanea*.
3. Faible DMS des feuilles (35 %).

Ceanothus L. spp. (Rhamnacées)

1. Amériques; brout.
2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 4 m; tolère très bien la sécheresse, plusieurs variétés.
3. *C. cuneatus* et *C. divaricatus* considérées comme de bonnes sources de fourrage.

Chamaecytisus palmensis (Christ) Bisby et Nicholls; «tagasaste», «arbre lucerne» (Légumineuses : Papilionacées)

1. Îles Canaries à Nouvelle-Zélande; haies, fourrage, cultures mellifères.
2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 6 m; climats tempérés, tolère le gel jusqu'à –10 °C, tolère la sécheresse, ne pousse pas sur les sols acides.
3. **; bon brout ou fourrage, DMS des feuilles = 70 %, DMS du brout = 53 %.

Codariocalyx gyrans (L.) Hassk.; «desmodie télégraphe» (Légumineuses : Papilionacées)

1. Indo-Malaysia, Philippines; engrais vert.
2. Buissons et petits buissons; apparenté à *Desmodium*.
3. Goût apprécié du bétail.

Codariocalyx gyroides (Roxb.) Hassk.

1. Indo-Malaysia et Philippines; engrais vert, café, ombre.
2. Vigoureux buisson tropical, d'une hauteur allant jusqu'à 2,5 m, = *Desmodium gyroides* DC; tropiques humides, tolère les sols mal drainés.
3. Goût peu apprécié du bétail.

Cytisus scoparius (L.) Link.; «cytise» (Légumineuses : Papilionacées)

1. Région méditerranéenne; ornemental, haies, clôtures, brout.
2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 4 m; climats tempérés.
3. Brouté par les moutons en Nouvelle-Zélande mais jugé de mauvaise qualité; adventice; ce genre contient fréquemment des alcaloïdes toxiques.

Dalbergia sissoo Roxb.; «sissoo», «teck indien», «tali» (Légumineuses : Papilionacées)

1. Inde; bois de construction, bois de chauffage, ombre, fourrage.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 30 m; tropiques et subtropiques mésiques jusqu'à 1 200 m et 800 mm de pluviosité.
3. Brouté (singes, cervidés), peut être ébranché pour être offert comme fourrage; faible DMS après ensilage (20 %); mauvaise qualité comme fourrage pendant la saison sèche, les feuilles fraîches peuvent provoquer des troubles digestifs.

Desmanthus virgatus (L.) Willd.; «desmanthe» (Légumineuses : Mimosacées)

1. Centre et Sud de l'Amérique; aujourd'hui, monde; brout et fourrage.
2. Petit buisson d'une hauteur allant jusqu'à 3 m; cépage et réensemencement faciles; vivace, vie brève, envahissant, dépourvu de branches; tropiques mésiques mais tolère la sécheresse; ne tolère pas les sols acides.
3. **; DMS des feuilles bonne (53 %); habituellement semblable aux espèces *Leucaena*, mais d'un rendement inférieur.

Desmodium discolor Vog.; «desmodie bicolore» (Afrique du Sud) (Légumineuses : Papilionacées)

1. Amérique du Sud; aujourd'hui très répandu; fourrage.
2. Petit buisson d'une hauteur allant jusqu'à 3 m; ligneux après maturité; subtropical, supporte très bien le gel.
3. *; goût très apprécié du bétail.

Desmodium distortum (Aubl.) Macbride

1. Venezuela; aujourd'hui, Afrique; fourrage.
2. Petit buisson d'une hauteur allant jusqu'à 2 m; ligneux à la base; tropiques humides.
3. *; goût apprécié du bétail.

Dichrostachys cinerea (L.) Wight et Arn.; «kakada» (Soudan) (Légumineuses : Mimosacées)

1. Afrique; aujourd'hui très répandu; brout (surtout les gousses).
2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 5 m; épineux; tropiques mésiques, ne tolère pas le gel; adventice, forme des fourrés.
3. Brout commun en Afrique.

Erythrina; «érythrine crête-de-coq», «phaledo» (Népal) (Légumineuses : Papilionacées)

1. Amériques, Afrique, Asie; ornementaux, clôtures, brise-vent, ombre.

2. Arbres d'une hauteur allant jusqu'à 20 m; souvent épineux; régions tropicales mésiques à fraîches.
3. Les essences utilisées comme fourrage comprennent: *E. arborescens*, *E. bertoeroana*, *E. hookeriana*, *E. stricta*, *E. suberosa* et *E. variegata*. Aucune n'a la réputation d'être de bonne qualité; ce genre est riche en alcaloïdes et en substances toxiques.

Flemingia macrophylla (Willd.) Merrill; (Légumineuses)
1. Asie du Sud-Est; teintures, fourrage, engrais vert.
2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 2 m, = *F. congesta* Roxb., *F. latipolia* Benth; tropiques mésiques à humides, tolèrent moyennement l'ombre.
3. Faible DMS (40 %).

Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.; «madre de cacao», «quickstick» (Légumineuses : Papilionacées)
1. Amérique centrale/Mexique; aujourd'hui, monde; bois de chauffage, bois de construction, ombre, ornement, fourrage.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 15 m; se propage facilement par boutures; croissance rapide, régions tropicales sèches à mésiques, jusqu'à 1 000 m.
3. **; feuillage différemment apprécié dans le monde, souvent ignoré, parfois très apprécié; forte DMS (55 % pour des échantillons de brout, 68 % pour les feuilles); faible teneur en tanin (<1 %), feuilles riches en lignine (5,5 %), considéré comme toxique pour les chevaux, toxines dans l'écorce, les graines et les racines.

Hardwickia binata Roxb.; «Anjan» (Légumineuses : Césalpinées)
1. Inde; bois lourd très apprécié, écorce riche en fibres, stabilisation des sols, fourrage.
2. Arbres d'une hauteur allant jusqu'à 35 m; feuilles caduques, racines pivotantes profondes; croissance lente, tropiques secs (300 mm), a besoin d'un bon drainage.
3. Bon fourrage; faible DMS (47 %), pauvre en protéines.

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit; «Leucaena», «ipil-ipil», «lamtoro» (Légumineuses : Mimosacées)
1. Amérique centrale, Mexique; monde; fourrage, bois de chauffage, ombre, bois à pâte, poteaux, bois d'oeuvre, alimentation.
2. Arbres d'une hauteur allant jusqu'à 20 m, étudié en profondeur, très couramment planté ; tropiques secs à mésiques, croissance rapide, ne tolère pas les sols acides, croît lentement sur les plateaux.
3. ***; DMS élevée (55–72 %), riche en protéines; consommation limitée aux non-ruminants en raison de sa teneur en mimosine et en DHP.

Leucaena Benth. spp.
1. Amérique du Nord; peu courant mais distribution mondiale; alimentation, fourrage, bois de chauffage.
2. Buissons et arbres d'une hauteur allant jusqu'à 20 m; régions sèches à mésiques, plaines et plateaux.
3. *; brout courant sur *L. lanceolata*; les éleveurs utilisent *L. pulverulenta*, *L. collinsii*, *L. diversifolia*, et autres pour accroître la résistance au froid, à l'acidité et augmenter le rendement de *L. leucocephala*.

Medicago arborea L.; «luzerne arborescente», «buisson Cytisus» (Légumineuses : Papilionacées)
1. Grèce; aujourd'hui commun en région méditerranéenne; décrit vers l'an 100 de notre ère comme un bon fourrage pour les chèvres.
2. Petit buisson d'une hauteur allant jusqu'à 4 m; poils grisâtres, soyeux; climats subtempérés, ne tolère pas le gel prolongé, tolère la sécheresse.
3. *; brout pour les chèvres, utilisation limitée.

Millettia thonningii (Schum. & Thonn.) Bak. (Légumineuses : Papilionacées)
1. Ouest de l'Afrique; fourrage.

2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 10 m = *Robinia thonningii*; feuilles caduques; tropiques mésiques.
3. Goût assez apprécié du bétail.

Mimosa pigra L. (Légumineuses: Mimosacées)
1. Amérique; aujourd'hui, monde; espèce adventice, parfois fourrage, usage médicinal.
2. Petit buisson d'une hauteur allant jusqu'à 4 m; épineux; envahissant, grande faculté d'adaptation, tropiques mésiques, adventice, forme des fourrés.
3. *; bonne farine à partir des feuilles; faible DMS (47 %); forte teneur en tanin (8 %).

Mimosa caesalpiniifolia, *M. paupera* Benth, *M. somnians* H&B, et *M. uliginosa* Chod. & Hassl. sont aussi décrites comme sources de brout. Les deux dernières sont épineuses.

Ougeinia oojeinensis (Roxb.) Hochr. (Légumineuses : Papilionacées)
1. Nord de l'Inde; bois pour instruments aratoires, fourrage.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 14 m; croissance lente (2 m en 6 ans); jusqu'à 1 200 m dans le nord de l'Inde, tolère gel et sécheresse.
3. Fourrage ébranché considéré comme d'assez bonne qualité.

Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth.; «kamachili» (Philippines), «tamarinier» (Légumineuses : Papilionacées)
1. Amérique; monde; bois de chauffage, ornement, fourrage (gousses).
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 20 m; épineux; forte capacité d'adaptation, des tropiques secs et humides aux régions subtempérées.
3. Gousses et feuilles broutées; graines appréciées des singes et des oiseaux.

Pongamia pinnata L. Pierre; «karang», «derris» (Légumineuses : Papilionacées)
1. Inde à Chine, Australie et Malaisie; huile, ombre, propriétés médicinales, bois de chauffage, fourrage, artisanat, écorce utilisée pour sa teneur en fibres.
2. Arbuste d'une hauteur allant jusqu'à 8 m, = *Derris indica*; tropiques mésiques (jusqu'à 600 mm), tolère les sols salins.
3. Feuilles sans branches offertes au bétail mais les jeunes feuilles ont mauvais goût et ne sont pas broutées; DMS = 50 %; des galettes de graines deshuilées peuvent être utilisées en aviculture.

Prosopis alba Griseb. et *P. chilensis* (Mol.) Stuntz (Légumineuses : Mimosacées)
1. Sud de l'Amérique du Sud; bois de chauffage, bois de construction, fourrage (gousses), ombre.
2. Arbres d'une hauteur allant jusqu'à 15 m; épineux; tropiques chauds et secs, jusqu'à 100 mm, colonise parfois les plateaux (3 000 m en Argentine).
3. *; les gousses sont un aliment de base du bétail, le feuillage est peu utilisé.

Prosopis cineraria (L.) Druce; «prosopis khejri»
1. Inde; utilisé avant 1000 av. J.-C.; bois de chauffage, charbon, fourrage, engrais vert, poteaux.
2. Arbres d'une hauteur allant jusqu'à 9 m; épineux; tropiques chauds et secs (jusqu'à 100 mm, habituellement 500–800 mm), exige de la lumière.
3. *; très apprécié dans les régions désertiques; DMS très faible (40 %); forte teneur en tanins (>10 %), plants extrêment broutés.

Prosopis pallida H.& B. ex Willd. et *P. juliflora* (Swartz) DC; «algaroba», «ironwood», «keawe» (Hawai)
1. Amérique du Sud et centrale; aujourd'hui très répandu; bois de chauffage, charbon, fourrage (gousses), miel, bois.
2. Arbres d'une hauteur allant jusqu'à 15 m; épineux (ségrég.); tropiques chauds et secs (jusqu'à 200 mm), tolère les sols salins.
3. *; les gousses sont une importante source de fourrage, 25 % de sucre, 17 % de protéines; le feuillage est rarement utilisé.

Prosopis spicigera L.

1. Ouest de l'Inde; fourrage.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 6 m; certaines variétés sont épineuses; subtropical.
3. Bon fourrage ébranché, goût agréable.

Les autres espèces de *Prosopis* spp. qui fournissent du fourrage (habituellement, on utilise les gousses) comprennent *P. glandulosa* Torr. (adventice) et *P. tamarugo* F. Phil.

Pterocarpus erinaceus Poir.; «rosier africain» «apepe» (Légumineuses : Mimosacées)
1. Ouest de l'Afrique; bois d'oeuvre pour outils et poteaux, fourrage, teintures et tanin, reboisement.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 15 m; tropiques mésiques; pousse bien sur des sols peu profonds.
3. *; feuillage apprécié comme fourrage; planté pour alimenter le bétail.

Pterocarpus marsupium Roxb.
1. Inde; fourrage, bois de chauffage, bois de construction.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 30 m; réagit bien au cépage et à l'étêtage; tropiques mésiques, tolère parfois un gel léger.
3. *; ébranché pour fournir du fourrage en Inde d'une assez bonne qualité.

Robinia pseudoacacia L.; «robinier noir» (Légumineuses : Papilionacées)
1. Amérique du Nord; aujourd'hui très répandu sur les hauts plateaux des tropiques; bois de chauffage, ornement, miel, reboisement, stabilisation des sols.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 20 m; forme des fourrés; croissance rapide, hauts plateaux tropicaux (jusqu'à 3 000 m), l'une des rares fixatrices de l'azote parmi les légumineuses arborescentes des régions tempérées.
3. *; appréciation variable comme fourrage, peut-être variable sur le plan génétique; faible DMS (27 %); les jeunes pousses, l'écorce, les feuilles et les graines pourraient être toxiques (chevaux, bétail, humains); contient des alcaloïdes (robitine et robine) ainsi que du tanin (jusqu'à 3 %).

Samanea saman (Jacq.) Merrill; «arbre des pluies», «cow Tamarind» (Légumineuses : Mimosacées)
1. Amérique centrale et du Sud; aujourd'hui sous tous les tropiques; ornemental, bois de construction et d'artisanat, bois de chauffage, fourrage (gousses).
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 40 m, envahissant; tropiques mésiques à humides, croissance rapide, très bien adapté.
3. Les gousses peuvent servir de fourrage ou être destinées à la consommation humaine.

Sesbania bispinosa (Jacq.) W.F. Wight; «Daincha» (Légumineuses : Papilionacées)
1. Inde, aujourd'hui très répandu, surtout en Afrique et dans le nord de l'Inde; fourrage, engrais vert, peut-être pâte de bois.
2. Buisson annuel d'une hauteur allant jusqu'à 6 m; épineux, adventice, tropiques humides ou milieux salins.
3. Les jeunes feuilles sont utilisées comme fourrage pour les bovins.

Sesbania grandiflora (L.) Poir.; «fagotier», «caturai» (Philippines), «turi» (Indonésie), «gallito» (Antilles)
1. Indonésie ?; monde; alimentation (fleurs, gousses, feuilles), fourrage, pâte de bois, ornement.
2. Arbre d'une hauteur allant jusqu'à 10 m = *Sesbania formosa* F. Muell.; lente régénération du feuillage; vie brève, croissance rapide, tropiques mésiques (1 000 mm), tolère les sols saturés d'eau.
3. *; fourrage de bonne qualité.

Sesbania sesban (L.) Merrill; «sesban»
1. Afrique tropicale (répandu), Asie; engrais vert, fourrage, fibre.

2. Buisson d'une hauteur allant jusqu'à 5 m = *Sesbania aegyptiaca* (Poir) Pers.; croissance rapide, tropiques humides, tolère les sols salins et inondés.
3. Apprécié de façon variable comme fourrage, assez peu utilisé.

Les autres espèce de *Sesbania* utilisées ou en cours d'évaluation sont des buissons de taille variable. Ils comprennent *S. cannabina* et *S. speciosa*.

Sophora chrysophylla (Salisb.) Seem.; «mamani» (Légumineuses : Papilionacées)

1. Îles du Pacifique; Hawaii, Nouvelle-Zélande; fourrage.
2. Petit arbre d'une hauteur allant jusqu'à 8 m; hauts plateaux tropicaux.
3. Brouté par les ruminants; les autres espèces de *Sophora* contiennent de puissantes toxines, surtout *S. secundiflora* qui peut être fatal aux animaux.

Les autres légumineuses fourragères importantes (arbres ou buissons) qui ne portent pas de nodosités comprennent *Bauhinia purpurea* L., *Bauhinia racemosa* Lam., *Bauhinia variegata* L., *Butea frondosa* Roxb., *Butea monosperma*, *Ceratonia siliqua* L. et *Gleditsia triacanthos* L.

Les arbres comme source de fourrage

J.H. Wildin

Queensland Department of Primary Industries, Rockhampton, Queensland, Australie

Résumé *— Les arbres indigènes de peuplements denses peuvent faire une sérieuse concurrence aux pâturages herbacés. Toutefois, en calculant leur densité, de manière à bien gérer les peuplements, les arbres sont capables d'exploiter un milieu biotique plus étendu pour produire du fourrage. Ce système peut se révéler économiquement très intéressant. Nous étudions ici les caractéristiques des arbres utilisés comme fourrage et nous discutons de la conservation d'espèces indigènes précieuses sur les pâturages. La sélection des arbres d'utilisation immédiate doit reposer sur les expériences effectuées dans la région visée et dans des milieux comparables des régions tropicales et subtropicales. Les arbres à croissance rapide, multifonctionnels et fixateurs d'azote sont considérés comme les meilleurs pour les animaux.* Leucaena leucocephala, Gliricidia sepium *et* Sesbania grandiflora *sont des légumineuses arborescentes à croissance rapide, déjà utilisées comme culture et fourrage un peu partout dans les régions tropicales humides. On sait que des espèces fourragères choisies telles que* Cajanus cajan *peuvent être semées sous couverture avec les cultures. Il est donc possible d'utiliser rapidement ces arbres, notamment dans les parcelles cultivées en couloirs et dans les pâturages en couloirs. Nous discutons ici des qualités de* Leucaena *dans les exploitations australiennes de culture en couloirs. La diversité des conditions agro-écologiques des tropiques présente de graves inconvénients pour les cultures, la production de fourrage et l'élevage. C'est pourquoi les recherches tâcheront d'identifier les arbres fixateurs d'azote les mieux adaptés à ce vaste éventail écologique.*

Introduction

Les arbres et les buissons des forêts et savanes tropicales procurent aux humains ombre, abri, bois de chauffage, nourriture et du fourrage pour les animaux. Les pressions économiques et démographiques ont intensifié l'exploitation des terres, ce qui a entraîné la coupe d'arbres indigènes pour en exploiter le potentiel économique (bois de construction, bois de chauffage), l'établissement de cultures annuelles et l'intensification de la production de fourrage herbacé. Dans beaucoup de pays, la production alimentaire n'a pu suivre la croissance démographique, entraînant une déstabilisation de l'environnement. Il faut donc mettre au point des méthodes spéciales d'exploitation agricole et de production de fourrage de manière à accroître la productivité de l'élevage sans faire fi des impératifs écologiques et socio-économiques de chaque collectivité.

La mise au point de systèmes d'exploitation agricole faisant appel aux arbres et aux cultures (agroforesterie) offre la possibilité d'optimiser l'utilisation des terres. Mais, surtout, les méthodes de gestion agroforestière sont compatibles avec les coutumes locales. Contrairement à la culture itinérante des tropiques humides, les systèmes qui associent les arbres aux cultures multiples permettent d'accroître la production en stabilisant et en enrichissant l'environnement (Watson 1983).

Cet exposé traite de la valeur des arbres comme fourrage, de la conservation d'arbres indigènes utiles dans les pâturages et de la sélection d'arbres exotiques. Nos recherches se sont concentrées sur *Leucaena* et d'autres espèces fixatrices d'azote utilisées comme légumineuses fourragères pour les besoins de la culture en couloirs.

Valeur des arbres comme fourrage

Les arbres étendent le milieu biotique en occupant un volume plus important de l'espace aérien et édaphique. Par conséquent, ils offrent une plus grande protection aux bassins hydrographiques et régénèrent les terres agricoles dégradées. Les arbres offrent également de l'ombre et assurent une protection contre les caprices du climat créant par conséquent, au niveau du sol, un microclimat plus supportable pour les cultures (vivrières et fourragères), le bétail et les humains. Le couvert végétal et le paillis réduisent l'impact des gouttes de pluie, accroissent les infiltrations d'eau et limitent la perte d'humidité. Les réseaux racinaires profonds recueillent de l'eau même en période de sécheresse et recyclent les éléments nutritifs des plantes à des profondeurs inaccessibles aux cultures et aux pâturages. Les arbres fixateurs d'azote dont le feuillage est nourrissant ont donc plusieurs avantages. Non seulement ils introduisent de l'azote dans l'écosystème mais ils accroissent de plus la qualité du fourrage.

La rivalité entre les arbres et les graminées (cultures et fourrage) pour les ressources du sol est minime une fois que les arbres sont bien établis car ils occupent une strate écologique différente. Certaines espèces d'arbres exploitent avec succès des environnements hostiles (sols acides, salins, saturés d'eau, longues saisons sèches, argiles compactes et sables profonds), apportant, directement ou non, des bénéfices économiques. La valeur économique des arbres mêmes peut être considérable car ils fournissent toute une gamme de produits tels que fruits et légumes, poteaux, bois de chauffage, matériaux de construction, bois commercialisable, gomme, fourrage de haute qualité et paillis. Les arbres jouant un rôle dominant dans les communautés végétales, ils peuvent aisément être intégrés aux cultures et aux pâturages. Les arbres fourragers présentent en outre l'avantage de demeurer productifs tout au long de la saison sèche, alors que les fourrages herbacés disparaissent ou perdent de leur qualité.

Arbres indigènes comme fourrage

Arbres indigènes et pâturages indigènes

Les spécialistes des pâturages et les scientifiques ont observé des espèces indigènes de fourrage et de brout dans la prairie (Everist 1969; Skerman 1977;

Askew et Mitchell 1978; Le Houérou 1980; Asse et Wilson 1985). Ces arbres étaient considérés comme des réserves de fourrage sur lesquelles on pouvait compter pendant les sécheresses et la saison sèche annuelle. En général, la qualité de ce fourrage n'est pas très élevée (Askew et Mitchell 1978) mais il contribue à la survie du bétail. Dans certains cas, les arbres indigènes ont une importance économique, non seulement en tant qu'espèces fourragères mais aussi comme source de bois de chauffage, poteaux et remèdes traditionnels (Cisse et Wilson 1985). Lorsqu'on a mis en valeur certaines régions de bois et de taillis en Australie, par exemple, on a conservé des arbres tels que *Brachychiton australe*, *B. rupestre* et *B. populnea* pour nourrir le bétail pendant les sécheresses.

Des ceintures d'arbres indigènes ont également été conservées dans les pâturages indigènes pour ralentir l'érosion (Houghton 1984), lutter contre la salinisation des sols (Hughes 1984), faire de l'ombre au bétail (Daly 1984), constituer des couloirs de passage de la faune sauvage, remplir le rôle de brise-vent, de coupe-feu, etc., ou pour préserver à long terme l'environnement et protéger le bétail (Burrows 1985; Burrows et al. 1986). Les pentes abruptes peuvent être stabilisées si l'on y laisse des arbres indigènes, qu'ils soient ou non broutés. Dans les forêts de mousson, l'humidité ne limite pas, pendant la saison humide, la croissance des arbres et de l'herbe. Toutefois, le manque d'humidité du sol, pendant la longue saison sèche, ralentit fortement la croissance de l'herbe (Mott et al. 1985). Même une faible densité d'arbres indigènes dans un milieu chaud de mousson profitera plus au bétail que si les arbres étaient totalement absents. Le sol de maints pâturages indigènes est extrêmement pauvre en éléments nutritifs tels que l'azote et le phosphore. Les arbres jouent donc le rôle de pompes d'éléments nutritifs, les recyclant depuis les profondeurs du sol jusqu'en surface. L'accumulation des éléments nutritifs sous le couvert de la forêt permet aux graminées qui en ont besoin de s'établir et de persister (Ebersohn et Lucas 1965).

Un autre excellent exemple de la manière dont les arbres indigènes peuvent influer sur la croissance et la persistance des graminées fourragères est celui de l'*Acacia shirleyi* allié à *Calyptochloa gracillima*. Ces espèces croissent en bordure des plateaux latéritiques du Queensland, en Australie. Le sol est particulièrement peu fertile et s'érode facilement après déboisement. L'alliance *Acacia–Calyptochloa* représente l'une des utilisations les plus productives de cette terre car ces deux espèces poussent naturellement sur ce type de sol et le bétail en est friand. Les éléments nutritifs fournis à l'herbe et l'ombre offerte par l'acacia fixateur d'azote permettent à *Calyptochloa* de pousser dans un environnement tout à fait approprié. D'ailleurs, on remarque que l'herbe ne croît pratiquement qu'à l'ombre de l'acacia. Cette réaction est peut-être comparable à celle des *Setaria* du Texas, qui ne poussent que sous les arbres et les buissons et qui contiennent généralement deux fois plus de protéines brutes que les autres espèces herbacées (Everist et Alaniz 1982). Il est même possible que l'ombre accroisse leur teneur en protéines brutes (McEwen et Dietz 1965).

Arbres indigènes et introduction de pâturages

Dans beaucoup de pays, certaines exploitations agricoles possèdent encore des poches de forêt indigène qui croît sur des sols peu profonds, infertiles et que l'on juge dépourvues de potentiel agricole. En général, on les considère comme des sources de bois de chauffage, de bois de construction ou de bois commercialisable.

Il peut aussi arriver qu'elles soient totalement déboisées, pour en recueillir le bois ou introduire un pâturage. Le développement agricole a souvent ignoré l'importance des arbres pour limiter les problèmes d'infiltrations salines et conserver une provision de bois. Il est possible, dans ces régions, de mettre au point une méthode de production du fourrage qui pourra grandement profiter à toutes les autres activités agricoles des exploitants. Comme exemple de forêt indigène aménagé à peu de frais afin d'améliorer le pâturage sous les arbres, pensons à l'utilisation d'*Eucalyptus maculata–E. acmenoides* sur une pente abrupte, sur les sols infertiles du Queensland, à Gympie. Un pâturage amélioré de *Panicum maximum* et d'*Archer axillaris* (*Macrotyloma axillare*) a été établi avec succès à partir d'un ensemencement aérien. La croissance des feuillus commercialisables s'est accélérée. Quant au bétail, il a pu disposer, surtout pendant la saison sèche, d'un fourrage de haute qualité (Cook et Grimes 1977; Cook et al. 1984).

L'arbre des pluies (*Samanea saman*) est indigène aux forêts pluviales du nord-ouest du Venezuela. Lorsqu'on a aménagé les forêts pour améliorer les pâturages, on a protégé l'arbre des pluies qui est aujourd'hui largement responsable du maintien de la qualité de *Panicum maximum*, comme nourriture du bétail (lait et viande), grâce au transfert de l'azote et à l'offre de gousses nourrissantes aux animaux. L'utilisation de légumineuses arborescentes pour accroître la productivité et la qualité du fourrage a été étendue aux systèmes de production du fourrage dans les plantations (Gregor 1972; Thomas 1978; Watson 1983).

Arbres plantés pour servir de fourrage

La création de pâturages améliorés sous les plantations de cultures vivrières ou commerciales présente des avantages bien supérieurs à la méthode qui consiste à fournir du fourrage aux animaux, soit par broutage, soit par récolte sur place des végétaux. Pendant les années d'établissement de la plantation, on gère les espèces fourragères de manière à empêcher que le bétail endommage les cultures ou que ces dernières entrent en concurrence avec les espèces fourragères plantées. En général, la récolte du fourrage pendant les premières années permet de gérer les plantations de manière que cultures et espèces fourragères s'établissent rapidement. Le broutage commence une fois que les cultures ne peuvent plus être endommagées par le bétail. D'innombrables combinaisons de cultures et d'espèces fouragères sont possibles et beaucoup ont été décrites (par ex. : Thomas 1978; Humphreys 1978; Watson 1983). Les cultures vivrières peuvent être introduites dans de petites exploitations auto-suffisantes tout comme dans de vastes plantations commerciales. Les autres arbres sont cultivés pour les produits industriels qu'ils fournissent tels que le bois de construction, la pâte de bois, la fibre (kapok), l'huile, le caoutchouc, les produits pharmaceutiques, etc. (ex. : *Dubosia* en Australie).

Des espèces arborescentes non légumineuses sont également utilisées pour fournir du paillis et du fourrage. Toutefois, notre débat est axé sur les légumineuses fixatrices d'azote, que l'on associe généralement avec les cultures. Ces plantes fournissent au bétail une source bon marché de protéines tandis que l'azote joue le rôle d'engrais. Les légumineuses herbacées et arborescentes, seules ou en association avec d'autres espèces, peuvent être introduites dans un système de production du fourrage. Les arbres fixateurs d'azote ont plusieurs usages et peuvent notamment servir de fourrage. Lorsqu'on choisit ce genre d'arbres, il convient de

prendre soigneusement en considération les besoins de la communauté agropastorale, d'autres facteurs socio-économiques, les caractéristiques positives des légumineuses arborescentes disponibles et l'urgence de mettre sur pied des programmes qui font appel à ces espèces pour les besoins de la culture et de la production de fourrage.

Sélection des légumineuses arborescentes

De nombreuses légumineuses arborescentes multifonctionnelles pourraient être introduites dans ce type de système, des petits buissons aux grands arbres. Les caractéristiques considérées comme souhaitables sont fournies par MacMillan (1935), Purseglove (1968), Gray (1969), Brewbaker et al. (1972), Skerman (1977), la NAS (1979, 1980, 1983a,b,c,d), Brewbaker et al. (1982), Craswell et Tangendjaja (1985), Reid et Wilson (1985), et Brewbaker (1986). Plusieurs de ces caractéristiques sont jugées souhaitables lorsqu'on crée un système de production du fourrage. Ces espèces doivent être dépourvues d'épines et vivaces. Les arbres devraient produire de bonnes quantités de matière comestible, repousser rapidement après élagage et fournir un fourrage de bonne qualité, riche en protéines et minéraux, d'un goût acceptable et d'une DMS élevée. Ils devraient également conserver, pendant la saison sèche, une partie des feuilles et des parties comestibles de bonne qualité. Enfin, les espèces devraient être relativement faciles à établir tout en démontrant une croissance de départ rapide.

Arbres en étage unique

D'après les travaux antérieurs et compte tenu de la disponibilité des végétaux, plusieurs légumineuses arborescentes pourraient être immédiatement utilisées. La première est *Leucaena leucocephala*, qui a fait l'objet de recherches poussées. Il existe une vaste gamme de cultivars de *L. leucocephala*, qu'il s'agisse de buissons ou d'arbres. La sélection des cultivars dépend du système d'entretien proposé. Le minuscule insecte psylle (*Heteropsylla* sp. poss. *incisor* [Sulc]) présentant une menace, il convient absolument de se procurer des cultivars résistants tels que les *Hawaiian Giants* (cv. K-527, K-538, K-584, K-591, K-636, K-658) (J.L. Brewbaker, communication personnelle). *Gliricidia sepium* est une autre légumineuse arborescente à usage répandu dans les tropiques humides et sur laquelle nous disposons d'une pléthore de données. *Leucaena* et *Gliricidia* ont déjà été sélectionnées pour les zones humides du Nigéria par Atta-Krah et al. (1985), qui ont conclu que ces deux espèces sont fortement productives, riches en azote, parfaitement adaptées aux milieux tropicaux et, par conséquent, qu'elles conviennent tout à fait pour améliorer les systèmes agricoles existants puisqu'elles préservent la fertilité du sol et accroissent la quantité de protéines consommées par les petits ruminants. La croissance rapide et les autres qualités de *Sesbania grandiflora* décrites en Indonésie (Craswell et Tangendjaja 1985) et ailleurs (Skerman 1977; NAS 1979, 1980) suggèrent qu'on devrait songer à inclure cette espèce dans les recherches sur la production de fourrage dans les tropiques humides et subhumides.

Les cultivars vigoureux, à forte croissance, de pois cajan (*Cajanus cajan*) sont d'autres légumineuses qui méritent qu'on s'y attarde. Le pois cajan est une culture tropicale courante, qui sert d'aliment, de fourrage, de brise-vent, de tapis végétal et

de bois de chauffage (Skerman 1977; NAS 1980). Bien qu'il soit habituellement cultivé annuellement ou bisanuellement pour ses graines, on peut le conserver jusqu'à 5 ans afin de produire du paillis et du fourrage. Le pois cajan a été planté en rangées, entre les cultures, ou ensemencé avec la culture principale. En raison de sa lente croissance de départ et de son intolérance à l'ombre, il est souvent ensemencé avec les cultures estivales telles que le maïs et le sorgho, pour produire des graines et du fourrage une fois que la culture principale a été récoltée. L'inoculation est inutile et certains cultivars tolèrent les sols trop salins, riches en aluminium soluble ou en manganèse (NAS 1980). Par conséquent, le pois cajan présente toutes les qualités souhaitables d'une légumineuse dont on peut faire du paillis et du fourrage. Malheureusement, sa vie est brève. Toutefois, sa lente croissance de départ peut être un avantage lorsqu'on le plante avec d'autres légumineuses arborescentes qui croissent aussi lentement. Un mélange de légumineuses arborescentes peut également protéger contre les maladies ou les parasites qui s'attaquent à une espèce particulière.

Leucaena a été abondamment plantée pour les besoins de la culture en couloirs, en Indonésie, aux Philippines et dans de nombreux pays africains. Son entretien en culture en couloirs diffère peut-être légèrement, d'un pays à l'autre, d'une exploitation à l'autre. Aux Philippines, les haies de *Leucaena* sont espacées de 4 m et élaguées à 1 m toutes les 6 à 8 semaines. Le feuillage vert et les tiges sont utilisés comme paillis des cultures avoisinantes et comme fourrage en dehors de la parcelle cultivée.

Bien que *Leucaena* ait des chances d'être utilisé comme arbre permanent pour les besoins de la culture en couloirs dans les tropiques humides et subhumides, *Sesbania grandiflora* est également digne d'attention dans les mêmes régions. *Gliricidia sepium* convient seulement aux régions humides.

Arbres en étages multiples

Un étage élevé de légumineuses arborescentes de haute taille, à raison d'une densité maximale de 20/ha, pourrait être introduit dans des systèmes de culture à long terme ou de production fourragère. Les arbres locaux seront sans doute préférés des collectivités agropastorales, comme c'est le cas de l'*Acacia albida* au Malawi (Casey 1983). *Acacia auriculiformis*, *Erythrina poeppigiana*, *Samanea saman*, *Albizia falcataria* et *Pterocarpus indicus* pourraient jouer un rôle utile en tant que fournisseurs d'azote à l'étage supérieur pour les besoins d'un système de cultures–fourrage.

S'il s'agit d'un système de production plus intensive de fourrage, on a constaté que le pâturage en couloirs et l'apport de protéines sous forme de brout complémentaire semblaient très fructueux. De nouveau, *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Sesbania grandifolia* et d'autres légumineuses arborescentes à croissance rapide ont été utilisés. Les expériences entreprises avec *Leucaena*, cependant, peuvent être utilisées comme modèles de systèmes de production de fourrage cultivé. Ces systèmes peuvent aller de la fabrication d'un complément protéinique au pâturage en couloirs.

Leucaena dans les systèmes de production fourragère

Dans les régions tropicales et subtropicales, *Leucaena* a été utilisé de diverses manières. Chaque système possède des avantages et les éleveurs peuvent choisir celui qui leur convient. Les noms des systèmes diffèrent parfois d'un pays à l'autre, souvent en raison de la souplesse du système en question. Il peut arriver que les systèmes se chevauchent ou changent en fonction de la saison, selon le stade où est parvenue la culture avoisinante ou selon les besoins en fourrage.

Système de production intensive de fourrage

Ces systèmes font appel à des peuplements denses de *Leucaena*, souvent irrigués, où l'entretien intensif est essentiel. La taille de la parcelle varie d'un pays à l'autre, voire d'une ferme à l'autre, mais les trois modèles de base qui suivent sont les plus courants.

Fourrage et compléments protéiniques

Dans beaucoup de pays, on a utilisé des plants adaptés de *Leucaena* et des semis de haute densité, dans le cadre d'un système de récolte sur place, afin de compléter l'alimentation offerte au bétail stabulé ou entravé. En général, la récolte se poursuit toute l'année.

Le bétail a parfois accès à une partie ou à la totalité des parcelles plantées de *Leucaena*, qu'il peut brouter pendant de courtes périodes, en alternance avec d'autres espèces fourragères. Les graminées indigènes (Foster et Blight 1983) ou les pâturages ensemencés d'herbe répondent habituellement à la plus grosse part des besoins du bétail. Bien que ce pâturage rotatif puisse se poursuivre toute l'année, l'apport complémentaire de *Leucaena* est plus important pendant les périodes difficiles. C'est pourquoi il arrive souvent qu'on le réserve à ces moments-là.

Mélanges de *Leucaena* et de graminées

Leucaena est établi en épandant des semences à un rythme relativement élevé (5–10 kg/ha) en même temps qu'une graminée (1–2 kg/ha). Le pâturage rotatif est nécessaire pour assurer la repousse de *Leucaena*. Un système semblable a été utilisé par les chercheurs de l'Université centrale de Mindanao, aux Philippines, où le cultivar *Hawaiian Giant* K-8 de *Leucaena* a été planté, tous les 2 m, à l'intérieur d'un semis de densité maximale de *Panicum*. On a ensuite pratiqué le pâturage rotatif.

Leucaena et irrigation

Leucaena, planté en rangées espacées de 3 à 4 m avec *Digitaria decumbens* (pangola) entre les rangées, a été irrigué pour les besoins d'un pâturage rotatif à la station de recherche de Kimberly, dans l'ouest australien. Le pâturage, brouté par 4 ou 5 bouvillons à l'hectare, toute l'année, a permis d'obtenir un bétail hautement productif (D. Pratcheet, communication personnelle; Wildin et al. 1986).

Une autre exploitation de *Leucaena* irrigué, dans l'est du Queensland, consiste en un peuplement très dense, en rangées espacées de 1 ou 1,5 m seulement. Les

arbres peuvent être élagués à la machine toutes les 8 ou 10 semaines pour fournir du fourrage frais ou produire de la farine séchée. Il est également possible de pratiquer intensivement le pâturage rotatif. En Australie, ce système exige que les ruminants soient inoculés contre le 3-hydroxy-4 (IH) pyridone (DHP) à l'aide des bactéries détoxifiantes que l'on trouve dans le rumen des animaux qui broutent *Leucaena* en Indonésie et à Hawaii (R.J. Jones, communication personnelle; Partridge et Adams 1985).

Systèmes en couloirs

Les systèmes en couloirs font appel à *Leucaena* ou à d'autres légumineuses arborescentes fourragères, plantés en rangées entre lesquelles poussent les cultures ou d'autres espèces fourragères. Il existe en gros quatre systèmes de couloirs.

Culture en couloirs

Leucaena est établi en rangées séparées de 4 à 20 m, en fonction du type de sol, de la pluviosité, de la nature des récoltes avoisinantes et des méthodes agricoles. Entre les rangées, on plante les cultures. On peut aussi procéder à la culture permanente d'espèces arborescentes. Toutefois, la discussion porte ici sur la culture annuelle. Dans le centre du Queensland, Australie, des rangées d'une largeur allant jusqu'à 20 m ont été plantées de sorgho. L'espacement des rangées d'arbres permet la récolte intensive à l'aide de machines, pendant que *Leucaena* prend son départ. On utilise le système de la jachère pâturée et, lorsque les arbres de *Leucaena* ont au moins 3 m de hauteur, on plante des graminées vivaces entre les rangées. C'est alors qu'on pratique ce qui s'appelle le pâturage en couloirs.

Dans les tropiques humides et subhumides, *Leucaena* est planté en rangs doubles ou simples, espacés de 4 à 8 m seulement. Des cultures annuelles sont plantées entre ces haies permanentes. En général, on élague régulièrement les arbres pour obtenir du paillis qui sert d'engrais. Certaines des parties élaguées sont emportées pour servir de fourrage aux animaux que l'on tient éloignés des parcelles cultivées (voir Kang et al. dans ce volume).

Certains systèmes de culture en couloirs ne comprennent aucune période de jachère car la culture suivante est ensemencée avant même que la précédente ait été récoltée. Le chaume est utilisé comme paillis ou récolté pour être ajouté au fourrage, de même que les parties élaguées de *Leucaena*. D'autres systèmes permettent au bétail de brouter le chaume, les légumineuses semées sous couverture et les haies de *Leucaena* pendant la jachère.

Jachère pâturée

L'accès du bétail à la parcelle cultivée dépend de la durée de la jachère. La jachère pâturée peut donc durer de quelques semaines à plusieurs années. On étudie actuellement la contribution d'une telle jachère à la stabilité et à la fertilité des sols, ainsi qu'à la productivité des cultures et du bétail (Atta-Krah et al. 1985). Au cours de la jachère pâturée, on adopte l'un des systèmes de pâturage en couloirs.

Pâturage en couloirs–plantation de haies

Pour les besoins de ce système, toutes les parties comestibles de *Leucaena* sont entièrement accessibles au bétail. Si l'on souhaite un pâturage en couloirs à long

terme, il convient de planter une graminée entre les rangées de *Leucaena*. Pendant la saison sèche, on peut pratiquer le pâturage continu. Toutefois, durant la principale saison de croissance, il est essentiel d'assurer à *Leucaena* une période de repos qui lui permettra de récupérer après une défoliation intensive. Par exemple, on pourrait laisser paître le bétail pendant 2 semaines puis lui interdire l'accès pendant 6 semaines. Il est possible d'autoriser un pâturage plus intensif pendant une période plus courte, mais une période de repos de 4 semaines au moins est essentielle (6 à 8 semaines sont encore préférables). Les intervalles entre les semaines de pâturage peuvent être allongés pendant les périodes de croissance lente. Il arrive qu'on laisse le pâturage se reposer pour lui permettre d'accumuler un gros volume de fourrage, en prévision de la saison sèche.

Lorsque les rangées sont espacées de moins de 5 m, il faut empêcher *Leucaena* d'atteindre une hauteur excessive si l'on veut que les graminées et les légumineuses herbacées qui poussent entre les rangées reçoivent suffisamment de lumière. Lorsque l'ombre est excessive, il convient d'élaguer ou d'ébrancher *Leucaena*.

Pâturage en couloirs–peuplement d'arbres

Pour les besoins de ce système, on encourage *Leucaena* à croître librement pour devenir multicaule. Toutefois, cette méthode fait rarement appel à la jachère. Il s'agit plutôt de pâturages permanents plantés entre les rangées. Les cultivars les plus intéressants à cet égard (Pérou et Cunningham) sont des arbustes dont les branches prennent naissance naturellement à leur pied. Les rangées doivent être espacées d'au moins 7 m pour que la lumière favorise la croissance vigoureuse des graminées. Il est possible que la quantité de fourrage tirée de *Leucaena* ne soit pas aussi élevée que dans le cadre du système de haies. Toutefois, il s'agit d'un système stable et productif qui fournit un fourrage très nourrissant, de l'ombre et un bon engrais organique (Wildin 1986) contrairement aux autres pâturages ensemencés qui exigent beaucoup d'entretien si l'on veut qu'ils soient résistants et productifs.

Ce système a permis la commercialisation rapide de *Leucaena* en Australie, notamment dans les exploitations intensives et semi-intensives (Wildin 1981, 1986). *Leucaena* offre du fourrage de haute qualité pendant la difficile saison sèche. Il peut jouer un rôle important en enrichissant les pâturages de qualité médiocre (Miller et al. 1986) dans les régions de savane où la saison sèche est particulièrement prononcée. L'entretien de ces systèmes est très divers. Dans les régions sèches, le pâturage dans des allées très larges entre des rangées de *Leucaena* semble le plus judicieux.

Production animale

L'amélioration de la production animale dont sont responsables les espèces fourragères plantées s'exprime généralement sous forme d'un taux de charge plus important et d'un gain de poids vif plus élevé par animal et par an, par rapport aux chiffres obtenus lorsque le bétail broute des pâturages indigènes. On reconnaît aujourd'hui l'importance, pour le bétail, du fourrage de haute qualité tiré de *Leucaena* et autres légumineuses fourragères pendant la saison sèche. En ce qui concerne les bovins, des taux de charge améliorés et un gain quotidien de poids vif allant jusqu'à 1 kg/tête ont été enregistrés dans le centre du Queensland lorsque les animaux broutaient *Leucaena* (Foster et Blight 1983; Wildin 1986). Des vaches en

production ont brouté *Leucaena* comme complément des pâturages indigènes pendant la saison sèche. Malheureusement, il est difficile d'évaluer les bénéfices en termes de vêlage car on ne possède aucune donnée comparative à cet égard. Toutefois, on sait que *Leucaena* accroît le poids vif des vaches à la fin de la saison sèche. Cela suggère donc que les vaches prendraient plus rapidement du poids pendant la saison humide et que les taux de fécondation seraient plus élevés. À cet égard, *Leucaena* pourrait présenter d'autres avantages pour les éleveurs, par rapport aux bénéfices tirés de l'accès aux pâturages indigènes.

Conclusions

Le déboisement à tort et à travers des forêts du monde entier, qui se poursuit au rythme de 10 à 20×10^6 ha/an, est en passe de faire disparaître de la surface de la terre les arbres fourragers indigènes de nombreux pays (Brewbaker et al. 1982). Seules les Amériques et l'Indonésie se partageront les restes, le misérable quart des forêts qui recouvraient les tropiques il y a seulement un siècle. Toutefois, l'ajout des buissons et arbres de légumineuses pourrait avoir des répercussions majeures sur la consommation fourragère et la valeur nutritionnelle des vastes zones cultivées et broutées des savanes tropicales, naturelles ou non. Les légumineuses arborescentes multifonctionnelles, qui fournissent du fourrage et du bois de chauffage tout en exerçant des effets bénéfiques sur l'environnement, les humains et le bétail, deviendront précieuses. Lorsqu'ils s'adaptent, *Leucaena* (notamment les cultivars qui résistent aux insectes psylles), *Gliricidia*, *Sesbania grandiflora* et les variétés fourragères de *Cajanus cajan* peuvent être immédiatement incorporés aux systèmes de culture et pâturage en couloirs. On reconnaît aujourd'hui les qualités des légumineuses arborescentes, dignes de l'intérêt des chercheurs.

Références

Askew, K., Mitchell, A.S. 1978. The fodder trees and shrubs of the Northern Territory. Division of Primary Industries, Canberra, ACT, Australie. Extension Bulletin 16.

Atta-Krah, A.N., Sumberg, J.E., Reynolds, L. 1985. Leguminous fodder trees in the farming system — an overview of research at the humid zone programme of ILCA in south-western Nigeria. Exposé présenté à l'atelier sur le potentiel des légumineuses fourragères pour l'agriculture de l'Afrique subsaharienne, septembre 1985, Addis-Abeba, Éthiopie. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba, Éthiopie.

Brewbaker, J.L. 1986. Leguminous trees and shrubs for fodder use in S.E. Asia and the S. Pacific. *In* Forage in S.E. Asia and S. Pacific agriculture: workshop held at the Institute of Animal Science, Ciawi, Bogor, Indonésie, 19–23 août 1985.

Brewbaker, J.L., Plucknett, D.L., Gonzalez, V. 1972. Varietal variation and yield trials of *Leucaena leucocephala* (Koa Hoale) in Hawaii. Hawaii Agricultural Experiment Station, College of Tropical Agriculture, University of Hawaii, Honolulu, HI, É.-U. Research Bulletin 166, 29 p.

Brewbaker, J.L., Van den Beldt, R., MacDicken, K. 1982. Nitrogen-fixing tree resources: potential and limitations. *In* Graham, P.H., Harris, S.C., éd., BNF technology for tropical agriculture. Centre international d'agriculture tropicale, Cali, Colombie, 413–425.

Burrows, W.H. 1985. Woodland management in South-east Queensland. Tropical Grasslands, 19, 186–189.

Burrows, W.H., Scanlan, J.C., Anderson, E.R. 1986. Plant ecological relations in open forest, woodlands and shrublands. *In* Burrows, W.H., Scanlan, J.C., éd., Native pastures in Queensland — the resources and their management. Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, Qld., Australie, 66–82.

Casey, J.H. 1983. Selling agroforestry. Ceres. 16, 41–44.

Cisse, M.I., Wilson, R.T. 1985. Status and use of *Pterocarpus lucens* Lepr. in sahelian ecosystems. *In* Tothill, J.C., Mott, J.J., éd., Ecology and management of the World's savannas. Australian Academy of Science, Canberra, ACT, Australie, 157–177.

Cook, B.G., Garthe, R.J., Grimes, R.F. 1984. Tropical pastures in eucalypt forest near Gympie. Queensland Agricultural Journal, 110, 45–46.

Cook, B.G., Grimes, R.F. 1977. Multiple land use of open forest in south-eastern Queensland for timber and improved pastures: establishment and early growth. Tropical Grasslands, 11, 239–245.

Craswell, E.T., Tangendjaja, B., éd. 1985. Shrub legume research in Indonesia and Australia: Proceedings of an International Workshop, Balai Penelitian Ternak, Ciawi, Bogor, Indonésie, 2 février 1984. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, ACT, Australie.

Daly, J.J. 1984. Cattle need shade trees. Queensland Agricultural Journal, 110, 21–24.

Ebersohn, J.P., Lucas, P. 1965. Trees and soil nutrients in south-western Queensland. Queensland Agricultural Journal, 22, 431.

Everist, S.L. 1969. Use of fodder trees and shrubs. Division of Plant Industries, Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, Qld., Australie. Advisory Leaflet 1024, 44 p.

Everist, J.H., Alaniz, M.A. 1982. Nutrient of grasses growing on four range sites in south Texas. US Department of Agriculture Research Station, Nouvelle-Orléans, LA, É.-U. ARR-S-11, 20 p.

Foster, A.H., Blight, G.W. 1983. Use of *Leucaena leucocephala* to supplement yearling and two-year-old cattle grazing speargrass in south-east Queensland. Tropical Grasslands, 17, 170–178.

Gray, S.G. 1969. The place of trees and shrubs as sources of forage in tropical and subtropical pastures. Tropical Grasslands, 3, 57–62.

Gregor, E.W. 1972. Integration of grazing in tropical forestry. *In* Proceedings of the 7th World Forestry Congress, Buenos Aires, Argentine, 4–18 octobre 1972.

Houghton, D. 1984. Trees and erosion control. Queensland Agricultural Journal, 110, 9–12.

Hughes, K.K. 1984. Trees and salinity. Queensland Agricultural Journal, 110, 13–14.

Humphreys, L.R. 1978. Tropical pastures and fodder crops. Intermediate tropical agriculture series. Longman Group Ltd, Londres, R.-U. 135 p.

Le Houérou, H.N. 1980. Browse in northern Africa. *In* Le Houérou, H.N., éd., Browse in Africa. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba, Éthiopie, 55–82.

MacMillan, H.F. 1935. Tropical planting and gardening. MacMillan Publishers Co., Londres, R.-U. 560 p.

McEwen, L.C., Dietz, D. 1965. Shade effects on chemical composition of herbage in the Black Hills. Journal of Range Management, 18, 184–190.

Miller, C.P., Wildin, J.H., Cooksley, D.G., Lowe, K.F. 1986. Augmenting native pastures

with sown species. *In* Burrows, W.H., Scanlan, J.C., éd., Native pastures in Queensland — the resources and their management. Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, Qld., Australie, 144–156.

Mott, J.J., Williams, J., Andrew, M.H., Gillison, A.N. 1985. Australian savanna ecosystems. *In* Tothill, J.C., Mott, J.J., éd., Ecology and management of the World's savannas. Australian Academy of Science, Canberra, ACT, Australie, 56–82.

NAS (National Academy of Sciences). 1979. Tropical legumes: resources for the future. NAS, Washington, DC, É.-U. 331 p.

_____ 1980. Firewood crops: shrub and tree species for energy production. NAS, Washington, DC, É.-U. 237 p.

_____ 1983a. Firewood crops: shrub and trees species for energy production. Volume II. NAS, Washington, DC, É.-U. 236 p.

_____ 1983b. Mangium and other fast-growing acacias for the humid tropics. NAS, Washington, DC, É.-U. 63 p.

_____ 1983c. Calliandra: a versatile small tree for the humid tropics. NAS, Washington, DC, É.-U. 56 p.

_____ 1983d. Casuarinas: nitrogen-fixing trees for adverse sites. NAS, Washington, DC, É.-U. 118 p.

Partridge, I., Adams, G., éd. 1985. *Leucaena* — the shrub legume for cattle feed. Tropical Grassland Society of Australia, Brisbane, Qld., Australie. Occasional Publication 2.

Purseglove, J.W. 1968. Tropical crops — Dicotyledons. Longman Group Ltd, Londres, R.-U.

Reid, R., Wilson, G. 1985. Agroforestry in Australia and New Zealand. Goddard and Dobson, Box Hill, Victoria, Australie.

Skerman, P.J. 1977. Tropical forage legumes. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie. Plant Production and Protection Serial 2, 609 p.

Thomas, D. 1978. Pastures and livestock under tree crops in the humid tropics. Tropical Agriculture (Trinidad), 55, 39–44.

Watson, G.A. 1983. Development of mixed tree and food crop systems in the humid tropics: a response to population pressure and deforestation. Experimental Agriculture, 19, 311–332.

Wildin, J.H. 1981. Adoption of *Leucaena* for cattle grazing in Australia. *In* Proceedings of the 14th International Grassland Congress, Lexington, KY, É.-U., 801–803.

_____ 1986. Tree *Leucaena* — top feed, shade and fertilizer too. Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, Qld., Australie. Extension Bulletin RQR86003, 12 p.

Wildin, J.H., Cameron, A., Pratchetti, D. 1986. Commercial usage of improved pastures in the Australian tropics. Tropical Grasslands (en cours d'impression).

Partie 4

Recherche sur la culture en couloirs

Méthodes de recherche en ferme sur la culture en couloirs

M.C. Palada

Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Résumé *— Il est possible d'appliquer les méthodes de recherche en ferme (qui obéissent à une série d'événements jusqu'à ce que les agriculteurs puissent adopter la technologie appropriée) à la recherche et au développement en matière de culture en couloirs. Bien orientée, la recherche en ferme comprend des objectifs clairement établis, des critères sur le choix des emplacements, la détermination des groupes visés, des descriptions précises du système d'exploitation, des contraintes et des possibilités, la conception appropriée d'essais en ferme et un programme d'essais bien établi. Comme technologie mixte, la culture en couloirs doit être mise à l'essai en conditions réelles d'exploitation. Les essais en ferme doivent être gérés, soit par le chercheur, soit par l'agriculteur, selon la complexité de la technologie utilisée et la mesure avec laquelle elle a été mise à l'essai dans des conditions réelles de plein champ. Les essais gérés par le chercheur sont généralement effectués aux premiers stades de la recherche sur la culture en couloirs et fournissent des données essentiellement de nature biologique. Quant aux essais gérés par l'agriculteur, ils donnent généralement de l'information sur les aspects biologiques et socio-économiques de l'application de cette technologie.*

Introduction

Avant que les agriculteurs n'adoptent une nouvelle technologie quelle qu'elle soit, il faut la mettre à l'essai en conditions réelles d'exploitation. Le critère ultime pour juger du succès d'une nouvelle technologie ou innovation est son adoption par un grand nombre d'agriculteurs dans une région visée. La recherche en ferme (RF) peut effectivement établir s'il est possible de transférer une technologie et de la faire adopter par les agriculteurs ou si, au contraire, il faut lui apporter des modifications. Par la RF, les chercheurs, en collaboration avec les agriculteurs, mettent à l'essai et évaluent continuellement des méthodes d'exploitation nouvelles et améliorées. Comme toute autre technologie nouvelle, il faut la mettre à l'essai par la RF. Comme nouvelle technologie, elle doit se montrer techniquement et économiquement réalisable, et supérieure aux technologies existantes qu'elle cherche à remplacer. La communication présente décrit généralement les méthodes de RF et comment elles peuvent servir à effectuer des essais en ferme de cultures en couloirs. Parce que le Programme des systèmes d'exploitation agricole de l'Institut international d'agriculture tropicale (IIAT) n'a que récemment amorcé la

RF sur la culture en couloirs, la communication présente porte principalement sur les méthodes et les lignes directrices plutôt que sur les résultats.

Composantes de la RF

Choix de l'emplacement

L'emplacement de recherche devrait représenter des types de terre ou des milieux de production qui se retrouvent largement dans les régions visées. L'emplacement peut être subdivisé en «domaines de recommandation». Un domaine de recommandation est un groupe d'agriculteurs qui cultivent de la terre aux caractéristiques analogues et qui ont accès à des ressources similaires (Tripp 1982). Par exemple, dans la savane secondaire du sud-ouest du Nigéria, on peut distinguer deux domaines de recommandation, soit les agriculteurs qui cultivent la forêt et la savane, et ceux qui cultivent seulement la savane. Le second domaine de recommandation se caractérise par des périodes de jachère plus brèves (Palada et al. 1985). Pour les deux groupes, la culture en couloirs est possible, mais les avantages et les répercussions peuvent différer.

D'autres critères sont importants dans le choix d'un emplacement de recherche, comme la taille de la ferme, les principaux systèmes culturaux ou agricoles et leur potentiel d'amélioration, ainsi que la qualité de l'infrastructure (c'est-à-dire routes, marchés, transport, crédit, intrants agricoles et accessibilité). Le choix des emplacements d'essai devrait tenir compte du type de terre (hautes terres, basses terres), du sol (fertilité, profondeur, texture, pH, matière organique), de la topographie et de la pente, du climat (pluviosité), des caractéristiques agronomiques et socio-économiques, ainsi que du système d'exploitation (permanent, semi-permanent et jachère forestière). Les chercheurs devraient s'assurer que les emplacements seront conformes à la définition des groupes visés et des types de terre. Ngambeki et Wilson (1984) ont utilisé les six critères suivants pour choisir un emplacement propice à leur essai de culture en couloirs, soit une région productrice d'igname–maïs, l'importance de la collectivité agricole active, la pénurie de matériel de tuteurage, les problèmes de fertilité du sol, la qualité des installations de commercialisation de l'igname et du maïs, et finalement l'accessibilité.

Description de l'emplacement

Une fois l'emplacement de recherche choisi, l'équipe de recherche devrait décrire les systèmes agricoles existants dans la région, normalement par une simple enquête exploratoire ou diagnostique qui peut durer une ou deux semaines. Elle recueille les premières informations avant le début de l'enquête, lesquelles servent de base à la détermination des données à recueillir.

L'enquête exploratoire fournit une description des systèmes agricoles de la région et détermine les groupes d'agriculteurs visés. Elle tend également à établir les principales contraintes qui affligent les systèmes, ainsi que les objectifs et les aspirations des agriculteurs. Cette information sert ensuite à préparer des interventions destinées à améliorer le système (Mutsaers et al. 1986).

L'équipe d'enquête devrait comprendre autant de disciplines pertinentes qu'il y

en a de disponibles, mais dans la plupart des cas, l'équipe minimale se compose de deux personnes, soit un agronome et un spécialiste des sciences humaines. Dans les régions où les contraintes sont liées à des problèmes de sols et à l'élevage du bétail, ces disciplines seront incluses dans l'équipe d'enquête. Ces quatre disciplines devraient être représentées dans la RF sur la culture en couloirs.

Les domaines suivants devraient faire partie des données d'enquête : l'environnement physique; les antécédents culturaux, particulièrement la durée et la période de jachère; les techniques culturales, en faisant particulièrement allusion au maintien de la fertilité du sol; les pratiques de post-récolte comme l'utilisation des récoltes, des résidus de culture et des sous-produits; les systèmes d'élevage du bétail, notamment les espèces, les régimes d'alimentation et leur interaction avec les systèmes culturaux; les aspects socio-économiques, notamment l'accès à la terre et les ententes concernant son occupation, les sources et la répartition de la main-d'oeuvre, les périodes de pointe et de relâche d'activité et les goulets d'étranglement, ainsi que les sources et les principaux usages du comptant et du crédit. Il est également utile de connaître les structures de soutien externe comme la disponibilité des systèmes de vulgarisation et de livraison des intrants.

La culture en couloirs pourrait s'avérer plus acceptable dans les régions caractérisées par des sols peu fertiles (Wilson et Kang 1981; Kang et al. 1984), une topographie en pente (Parera, dans ce volume), avec l'élevage du bétail comme composante des systèmes agricoles (Ngambeki et Wilson 1984; Atta-Krah 1985), et où les agriculteurs sont propriétaires fonciers (Francis, dans ce volume).

Dans une enquête exploratoire sur deux villages situés dans la savane secondaire près des locaux de l'IITA, l'infertilité inhérente des sols de la région est l'une des principales contraintes techniques (Palada et al. 1985). On observe ce phénomène autant en savane qu'en forêt où les sols dominants sont fortement érodés et sableux et se caractérisent par une terre végétale superficielle et une faible teneur en matière organique. L'équipe a proposé deux interventions pour maintenir et améliorer la fertilité du sol, soit la culture en couloirs comme solution à long terme, et l'utilisation d'engrais comme solution à court terme. Le principal système cultural de cette région se compose de maïs intercalé de manioc.

Conception des essais en ferme

La conception des essais en ferme pour la culture en couloirs devrait s'appuyer sur les principaux problèmes et contraintes observés au cours des visites des champs, des enquêtes et des entrevues auprès des agriculteurs. Les essais doivent porter sur un problème particulier aux objectifs bien établis. Ils doivent servir à analyser les interventions de façon à pouvoir lever des contraintes déjà établies et à évaluer la pertinence et la faisabilité de la solution proposée. Les lignes directrices proposées pour concevoir et élaborer des essais en ferme doivent comporter des augmentations de rendement raisonnables et acceptables par les agriculteurs. Les essais doivent s'avérer avantageux pour le sol et l'environnement, correspondre aux ressources de l'agriculteur (capital, main-d'oeuvre, terre, comptant et gestion), s'adapter aux conditions physiques et biologiques de l'emplacement, être stables dans le temps et correspondre à d'autres pratiques de gestion, être suffisamment simples à comprendre et socialement acceptables (Zandstra et al. 1981).

On présente ici un exemple de protocole d'essai en ferme de la culture en

couloirs dans la région pilote d'Alabata-Ijaiye, près d'Ibadan. Cet essai a pour objectif particulier de déterminer la faisabilité agronomique et économique de cette technique en plein champ; d'établir de grandes cultures de maïs et de manioc entre des rangées d'arbustes et d'en déterminer les rendements et la productivité; de suivre de près les variations de la fertilité du sol avec le temps dans les parcelles à couloirs comparativement aux jachères naturelles; et finalement, de déterminer la durée des périodes de culture et de jachère.

On procède à deux traitements : d'abord, une culture de maïs et de manioc (système de l'agriculteur sans couloirs) et ensuite, une culture de maïs et de manioc avec des couloirs de *Leucaena* à intervalle recommandé de 4 m. Le premier traitement sert de témoin. Les agriculteurs établissent le maïs et le manioc au moyen des méthodes traditionnelles. Mais dans le traitement expérimental, les agriculteurs établissent des haies d'arbustes et produisent des cultures vivrières (maïs et manioc) entre les couloirs à l'aide de leurs propres variétés et pratiques de gestion. La seule intervention dans le système cultural existant de l'agriculteur consiste à introduire des arbustes. Chaque bloc renferme les deux traitements et représente un agriculteur et une répétition. Une parcelle de superficie minimale de 1 000 m^2/traitement est nécessaire pour recueillir des données agronomiques.

Le choix d'un protocole approprié aux essais en ferme peut s'avérer difficile à cause de la variabilité des champs. L'environnement physique et socio-économique de la région de recherche peut également imposer des contraintes à la conception de l'essai. Il importe donc dans les essais en ferme de choisir le protocole avec soin pour minimiser la variabilité et réduire le risque d'erreurs expérimentales. Certains points à surveiller dans la conception d'essais en ferme sont l'hétérogénéité de plusieurs champs en ce qui a trait à la pente, au drainage, à la fertilité et aux systèmes culturaux précédents; la faible dimension de nombreuses fermes et le besoin de grandes parcelles pour effectuer les essais gérés par l'agriculteur; la faible capacité de randomisation des traitements; le nombre limité des parcelles dans une même ferme; et les différences dans les pratiques de gestion d'une même culture.

Les protocoles expérimentaux simples des essais en station peuvent servir aux essais en ferme. Le dispositif particulier à utiliser variera selon la complexité des expériences. Les essais à un ou deux niveaux de complexité faisant appel à des dispositifs de base sont recommandés comme première étape. À mesure que l'équipe de recherche acquiert de l'expérience, elle peut accroître le nombre de facteurs et de niveaux. Les dispositifs expérimentaux les plus couramment utilisés pour les essais en ferme sont le bloc aléatoire complet, le bloc aléatoire incomplet et les dispositifs factoriels.

Essais en ferme

Une fois les essais pertinents conçus et planifiés, l'équipe de recherche devrait élaborer une stratégie d'essais en plein champ. Mais avant, elle devrait enseigner aux agriculteurs retenus comment exécuter et gérer l'essai. Elle doit leur faire comprendre que les essais sont des expériences, et non des démonstrations. Par conséquent, ils doivent être informés que les expériences sont parfois exposées aux mêmes échecs que leurs propres cultures. Les échecs découlant de lacunes dans le dispositif et la gestion devraient être examinés par les chercheurs et les agriculteurs de façon à pouvoir y apporter des correctifs ou des modifications au tout début du

processus de recherche. Lorsque l'échec est attribuable aux effets du traitement, il faudrait indemniser l'agriculteur, soit en nature, soit espèces.

Technologies d'essai en ferme

Une technologie est un facteur ou une combinaison quelconque de facteurs utilisés en production végétale pour améliorer la productivité du système d'exploitation. Comme exemples de technologies, citons les techniques culturales, l'utilisation de produits chimiques, d'instruments aratoires et de nouvelles variétés de culture. Pour les essais en ferme, on peut recourir à trois classes de technologie, soit simple ou élémentaire, mixte et d'ensemble (Mutsaers 1984).

Les technologies simples ne peuvent être fragmentées en éléments distincts. On peut les appliquer sans modifier davantage le système d'exploitation. Comme exemples, citons une variété de plantes résistante aux maladies ou l'utilisation d'engrais. Dans les essais utilisant de la technologie simple, on compare les nouvelles technologies à celles de l'agriculteur dans un système autrement inchangé. Ces technologies s'appuient sur l'hypothèse voulant qu'il soit possible d'apporter des améliorations à un système existant sans modifier substantiellement tout le système. Ce genre d'essais peut s'avérer particulièrement utile au début d'un programme de recherche en ferme lorsque les chercheurs ne connaissent pas suffisamment le système pour s'aventurer dans des technologies ou des ensembles plus complexes.

Les technologies mixtes se composent de plusieurs éléments interdépendants qu'on ne peut prendre isolément. Comme exemple, citons la culture en couloirs qui comprend les éléments suivants : l'établissement et la gestion d'arbres, le paillage pour maintenir et améliorer la fertilité du sol et la production végétale, la conservation du sol, l'alimentation des animaux et les aspects socio-économiques. Ces éléments sont étroitement liés : en effet, si l'un vient à manquer, l'avantage qu'on s'attend à tirer de la technologie ne se matérialise pas. Par exemple, dans la culture en couloirs, les arbres doivent être taillés pour fournir du paillis et du fourrage. Or, l'utilisation des élagages pour le fourrage en réduit la quantité disponible pour le paillage et nuit donc au rendement des cultures. La prolongation des intervalles de taille se traduit par une plus grande quantité de feuillage d'arbres disponible pour l'alimentation des animaux, mais l'intensification de l'ombrage ainsi créé nuit à la production végétale.

Les technologies d'ensemble sont une combinaison de plusieurs technologies. Chaque élément ou partie des éléments de l'ensemble peut avoir son propre effet, mais on peut regrouper les éléments pour obtenir un effet synergique. Les «ensembles de production améliorée» classiques, adaptés à des cultures particulières et produits largement par les stations expérimentales, se classent dans cette catégorie.

Les essais les plus simples de ce genre sont ceux qui servent à évaluer plusieurs technologies imposées à un système ou à un régime cultural existant. Dans un système de culture de maïs intercalé de manioc, ce pourrait être un ensemble de variétés améliorées de maïs et de manioc compatibles, selon une disposition recommandée et avec apport d'engrais et d'herbicides. On compare ensuite l'ensemble au système de culture maïs–manioc de l'agriculteur. On peut inclure des traitements supplémentaires dans un «essai d'addition» qui permet d'évaluer l'effet d'addition de chaque apport additionnel de technologies.

Essais gérés par le chercheur

Les essais gérés par le chercheur servent à évaluer le rendement de nouvelles technologies ou d'une composante particulière de gestion et à déterminer le niveau optimal de technologies disponibles à installer dans les champs des agriculteurs. Ces essais, gérés et exécutés par le chercheur, permettent un contrôle serré et un niveau élevé de précision en réduisant la variabilité. L'agriculteur n'a qu'une participation négligeable.

Les essais en ferme gérés par le chercheur peuvent être exploratoires, particuliers à un emplacement donné, confinés à une région particulière ou situés à plusieurs endroits (Hildebrand et Poey 1985). Mais ils fourniront généralement moins d'information sur l'acceptabilité de l'intervention à la collectivité rurale.

On utilise les **essais exploratoires** lorsqu'on n'en sait pas suffisamment au sujet d'une région ou des effets possibles d'un type de technologie donnée. On peut les considérer comme complémentaires (ou partie intégrante) de la caractérisation, et ils précèdent généralement les essais régionaux ou particuliers à l'emplacement. Les essais exploratoires fournissent normalement plus de données qualitatives que quantitatives sur plusieurs facteurs. Il arrive fréquemment qu'on utilise deux niveaux de chaque facteur et un nombre restreint de répétitions. Les protocoles les plus courants sont le dispositif factoriel $2n$ et les essais plus ou moins. Les essais exploratoires peuvent parfois se superposer aux champs des agriculteurs sans exiger de préparation spéciale de la zone expérimentale. Ils ressemblent aux essais en station en termes de conception, mais ils sont effectués dans les champs de l'agriculteur.

Dans la culture en couloirs, un bon exemple d'essai exploratoire est l'introduction d'essences ligneuses dans une région où elles n'ont pas encore été cultivées pour déterminer leur compatibilité avec les cultures vivrières annuelles produites en couloirs. Les essences ligneuses peuvent se superposer au régime cultural existant de l'exploitation.

Les **essais particuliers à l'emplacement** ont souvent pour but d'exacerber l'effet potentiel ou maximal d'une technologie. Par exemple, on sélectionne souvent des cultivars expérimentaux dans des conditions qui ne limitent pas l'expression du potentiel génétique. Mais celui-ci n'est mesuré que pour un seul endroit, c'est-à-dire la station expérimentale. Pour obtenir plus de données utiles, on peut utiliser deux ou plusieurs exploitations avec le même type de dispositif expérimental et d'analyse pour mesurer indépendamment les «écarts par rapport au potentiel» à divers endroits. L'analyse des données provenant d'essais particuliers à l'emplacement se compare à celle de l'analyse du manque à produire (voir Gomez et Gomez 1984).

Parce qu'ils sont généralement complexes, comportant un nombre relativement considérable de traitements et de répétitions, les essais particuliers à l'emplacement ne sont effectués qu'à un nombre limité d'endroits. L'information recherchée est de nature agronomique et non socio-économique, ce qui réduit la dimension des parcelles. On maîtrise fréquemment les sources possibles de variation (comme la fertilité du sol) aux mêmes niveaux que la station de recherche. La participation de l'agriculteur demeure minimale.

Un exemple d'essai particulier à l'emplacement et géré par le chercheur est celui de la culture en couloirs avec *Leucaena* et *Gliricidia* dans la savane secondaire du

sud-ouest du Nigéria. Cet essai vise à démontrer le potentiel de cette technique pour régénérer la fertilité de sol et lutter contre une mauvaise herbe persistante (*Imperata cylindrica*) qui pose des problèmes particuliers dans la région. Trois associations sont utilisées, soit le maïs–dolique de Chine, le maïs–dolique de Chine avec le *Leucaena* et le maïs–dolique de Chine avec *Gliricidia*. Le traitement maïs–dolique sert de témoin (pas de couloirs). L'essai est effectué en bloc aléatoire complet avec répétitions à deux endroits.

Les **essais régionaux** se composent d'une série d'essais semblables effectués dans une région déjà identifiée comme domaine de recommandation. Ils ont principalement pour objet d'évaluer les données d'essai en ferme et en station pour établir l'interaction entre la technologie et les conditions environnementales, tant du point de vue agronomique qu'économique. Les essais régionaux peuvent servir à confirmer l'homogénéité d'une région visée ou indiquer que la zone doit être subdivisée pour assurer la pertinence des résultats. Les recommandations applicables aux essais gérés par l'agriculteur doivent découler de l'analyse et de l'interprétation des essais régionaux. Les essais régionaux en ferme par la technique de la culture en couloirs au Nigéria constituent une bonne représentation de ce type d'essai géré par le chercheur. Dans chacune des zones humides et subhumides du Nigéria, les essais sont effectués dans 6 à 10 endroits par l'IIAT et le Centre international pour l'élevage en Afrique (CIPEA), en collaboration avec des institutions nationales.

Essais gérés par l'agriculteur

Les essais gérés par l'agriculteur lui donnent la chance de gérer et d'évaluer un ou deux traitements prometteurs provenant des essais régionaux. Ce n'est qu'à ce stade qu'on peut déterminer l'acceptabilité d'une intervention. Il faudrait utiliser de grandes parcelles non répétées d'au moins 1 000 m^2 pour permettre aux agriculteurs et aux chercheurs de comparer les traitements à leurs propres pratiques. De cette façon, on peut inclure une parcelle témoin dans le dispositif. Si les chercheurs veulent mesurer les résultats des pratiques des agriculteurs, ils peuvent également échantillonner leurs champs, mais ils doivent tenir des données agronomiques (p. ex., densité des plants et rendement) et économiques (utilisation de la main-d'oeuvre, coûts et revenus) sur leurs pratiques agricoles. Dans ces essais, il vaut mieux avoir au moins 30 agriculteurs par domaine de recommandation. Une équipe composée d'un agronome, d'un socio-économiste et de deux techniciens de recherche suffit pour traiter les données recueillies auprès de 30 agriculteurs.

Collecte, analyse et évaluation des données

L'analyse et l'évaluation ont pour objet à long terme de mieux comprendre comment les innovations se comportent dans les champs des agriculteurs gérés par ceux-ci et si elles sont acceptables ou, moyennant modification, peuvent être acceptables aux agriculteurs. L'analyse et l'évaluation peuvent également servir à déterminer des sources de problèmes liés à la technologie et à fournir un retour d'information aux chercheurs en station leur permettant d'améliorer la technologie utilisée. Des données sont nécessaires chaque année pour l'exercice annuel du protocole expérimental lorsque l'équipe de recherche décide de la nature des essais à poursuivre ou à abandonner et s'il faut modifier le dispositif ou les procédures opérationnelles de chaque essai.

Les bonnes méthodes d'analyse et d'évaluation comprennent une description précise des agriculteurs participants et de leurs champs, la surveillance directe des façons culturales par des énumérateurs étroitement surveillés, des entrevues non officielles d'agriculteurs par les chercheurs et des questionnaires rapprochés distribués à la fin de la saison aux agriculteurs par des énumérateurs supervisés. Dans la recherche en ferme, on recueille généralement quatre types de données, soit de nature physique (y compris sur le climat et le sol), sur le comportement agronomique des cultures ou de la technologie, sur le comportement économique des cultures ou de la technologie, et sur l'acceptabilité sociale.

Données physiques

Les données sur la pluviosité sont recueillies quotidiennement et transmises toutes les semaines. Toute autre donnée climatique comme le rayonnement solaire, la température et l'évaporation peut être analysée à partir de la station météorologique la plus proche. Pour chaque parcelle faisant partie d'un essai, il faut également recueillir des données sur le type de terre et les caractéristiques du sol. À la fin de la saison culturale, on résume et analyse les données pour évaluer le comportement des cultures, les systèmes culturaux et la technologie utilisée.

Données agronomiques

Il existe toute une gamme de données agronomiques qu'on peut prélever des parcelles d'essai et de celles des agriculteurs. L'équipe de recherche devrait décider de la nature de l'information nécessaire et planifier le processus de collecte en conséquence. La collecte des données nécessite des visites fréquentes aux parcelles d'essais et une observation attentive; il est donc essentiel d'établir les éléments importants pour chaque essai. Dans les essais de culture en couloirs, des données comme l'établissement de haies, leur hauteur, la production de biomasse à partir de la taille d'espèces ligneuses et la repousse sont aussi importantes que les données de rendement sur les cultures vivrières annuelles produites en couloirs. Lorsque les élagages servent à l'alimentation des animaux, il faut en mesurer la quantité. Il importe donc de préparer un registre pour y inscrire les données agronomiques; ce registre devrait contenir toute l'information nécessaire au sujet de l'essai, du sol, des cultures et des méthodes culturales.

Données économiques

On recueille généralement deux séries de données économiques. La première ne concerne que les parcelles d'essai. Ces essais peuvent se composer de deux ou plusieurs traitements assez importants (1 000 m^2) pour pouvoir obtenir des données fiables sur la main-d'oeuvre. L'autre série de données est réunie à partir des parcelles témoins des agriculteurs. Ces données servent à l'étude de modèles d'exploitation. Dans la première série de données, la budgétisation partielle et des analyses simples de coûts–rendements servent à évaluer le rendement économique de la technologie. Ngambeki (1985) donne un exemple de l'évaluation économique de la culture en couloirs.

Acceptabilité sociale

Le critère ultime de l'acceptabilité sociale d'une intervention est son taux d'adoption. De nombreux facteurs entrent en jeu pour déterminer cette acceptabilité. Il se peut que des essais fructueux en station ne soient pas adoptés par les

agriculteurs qui peuvent avoir des opinions différentes sur ce que constitue un changement positif. Les interventions réussies dans un régime social donné peuvent échouer dans un autre. Les essais gérés et exécutés par les agriculteurs sont essentiels à leur acceptabilité (voir Atta-Krah et Francis, dans ce volume).

Références

Atta-Krah, A.N. 1988. Approche par étape de la recherche en ferme : projet-pilote d'amélioration de la production des petits ruminants dans l'Afrique occidentale humide. *In* Nordblom, T.L., Ahmed, A.K.H., Potts, G.R., éd., Méthodes de recherche applicables aux essais zootechniques en ferme : compte rendu de l'atelier tenu à Alep (Syrie) du 25 au 28 mars 1985. Centre de recherches pour le développement international, Ottawa, Ont., Canada. IDRC-242f, 71–88.

Gomez, K.A., Gomez, A.A. 1984. Statistical procedures in agricultural research. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., Publishers, New York, NY, É.-U.

Hildebrand, P.E., Poey, F. 1985. On-farm agronomic trials in farming systems research and extension. Lynne Rienner Publishers, Boulder, CO, É.-U.

Kang, B.T., Wilson, G.F., Lawson, T.L. 1984. Alley cropping: a stable alternative to shifting cultivation. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigéria.

Mutsaers, H.J.W. 1984. On-farm trials: an overview. Paper presented at the On-farm Experimentation Training Workshop, Bouaké, Côte d'Ivoire, 17–27 September 1984.

Mutsaers, H.J.W., Fisher, N.M., Vogel, W.O., Palada, M.C. 1986. A field guide for on-farm research with special reference to improvement of cropping systems and techniques in West and Central Africa. Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan, Nigéria. IITA Manual Series.

Ngambeki, D.S. 1985. Economic evaluation of alley cropping *Leucaena* with maize–maize and maize–cowpea in southern Nigeria. Agricultural Systems, 17, 243–258.

Ngambeki, D.S., Wilson, G.F. 1984. Economic and on-farm evaluation of alley cropping with *Leucaena leucocephala*, 1980–1983. Farming Systems Program, Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan, Nigéria. Activity Consolidated Report.

Palada, M.C., Vogel, W.O., Mutsaers, H.J.W. 1985. Report on exploratory survey of Ijaiye-Imini pilot research area, Oyo State, Nigeria. Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan, Nigéria. On-Farm Research Bulletin 2.

Tripp, R. 1982. Data collection, site selection and farmer participation in on-farm experimentation. Economics Program, Centre international d'amélioration du maïs et du blé, Mexico City, Mexico. Document de travail no 821.

Wilson, G.F., Kang, B.T. 1981. Developing stable and productive biological cropping systems for the humid tropics. *In* Stonehouse, B., éd., Biological husbandry. A scientific approach to organic farming. Butterworth & Co. (Publishers) Ltd, Londres, R.-U. p. 193–203.

Zandstra, H.G., Price, E.C., Litsinger, J.A., Morris, R.A. 1981. A methodology for on-farm cropping systems research. Institut international de recherche sur le riz, Los Baños, Laguna, Philippines.

Le rôle des essais en ferme dans l'évaluation de la culture en couloirs

A.N. Atta-Krah et P.A. Francis

Centre international pour l'élevage en Afrique, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Résumé *— Pour les recherches en ferme dans l'évaluation de la culture en couloirs, on fait appel à deux types d'essais. Tout d'abord, ceux qui portent sur la mise au point du système, sur l'évaluation de sa pertinence et sur son acceptabilité. Ensuite, on procède à la collecte des données techniques et relatives au rendement sur les exploitations agricoles. Le premier type d'essais touche l'évolution et la définition du système. Par conséquent, il faut l'entreprendre très tôt, dans le cadre de la mise au point de la technologie, bien avant la collecte des données techniques. Il est essentiel que les deux types d'essais fassent l'objet d'une évaluation de manière à garantir la pertinence des recherches en station. Une étroite participation des vulgarisateurs est indispensable pour que cette démarche se révèle efficace.*

Introduction

Les essais en ferme jouent un rôle essentiel pour mettre au point et évaluer les technologies agricoles. La recherche en ferme est une garantie que les techniques élaborées en station peuvent être adaptées aux conditions de travail des agriculteurs dépourvus de ressources qui représentent habituellement le groupe visé par ces travaux.

On a classé les essais en ferme en plusieurs catégories distinctes qui représentent, chacune, une étape de l'application des techniques aux conditions qui prévalent sur l'exploitation agricole. Beaucoup de systèmes différents ont été proposés (Matlon 1982; Zandstra 1982; Hildebrand et Poey 1985). Il y a habituellement peu à peu accroissement de la participation de l'agriculteur à la gestion et à l'évaluation de la technologie. On identifie trois stades (Fig. 1) : les essais dirigés par les chercheurs, les essais effectués conjointement par les chercheurs et l'agriculteur, les essais dirigés par l'agriculteur. La participation décroissante des chercheurs est accompagnée de modifications de la forme des essais (qui sont simplifiés pour diminuer le nombre de traitements et de répétitions), des types et des méthodes de collecte et d'analyse des données ainsi que des méthodes d'interprétation et d'évaluation.

Cet exposé, qui résume 5 ans de travail du Programme des zones humides (PZH) du Centre international pour l'élevage en Afrique (CIPEA), étudie le rôle des recherches en ferme dans la mise au point de la culture en couloirs. Notre

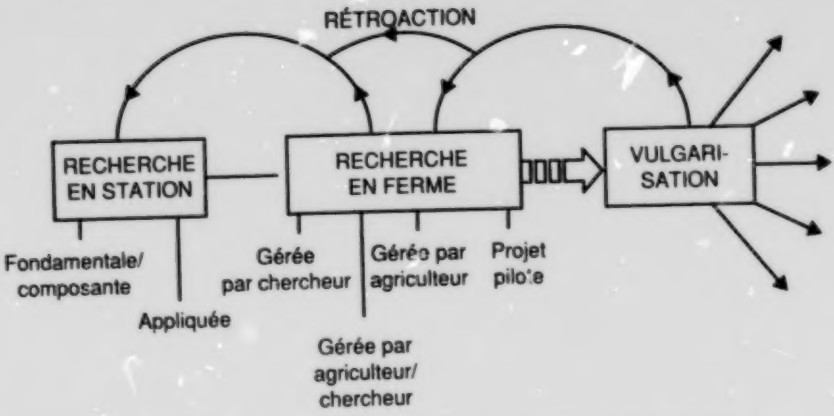

Fig. 1. Relier la recherche à la vulgarisation fait appel à plusieurs étapes de travaux sur les fermes.

intention est ici de souligner l'importance du travail sur les fermes pour concevoir des techniques d'exploitation susceptibles d'être acceptées par les agriculteurs. Nous précisons également que, pour instaurer la culture en couloirs comme mode d'exploitation, il convient de modifier la séquence habituelle des essais. Après une brève description des zones humides, on trouvera une discussion sur les propriétés de la culture en couloirs et son éventuel impact sur le travail agricole. Vient ensuite une description des recherches en ferme du CIPEA. La dernière partie est consacrée à des conclusions d'ordre général sur les méthodes pertinentes d'évaluation des parcelles cultivées en couloirs sur les exploitations agricoles.

Quelques considérations générales

Les essais en ferme ont pour but de nous renseigner sur le rendement d'une technologie appliquée aux conditions locales. On distingue deux types d'informations. Le premier, le type 1, résulte de la quantification des retombées techniques, biologiques et économiques d'une intervention. Ces données sont recueillies à partir d'essais de forme normalisée, dont l'exécution dépend largement de la participation des chercheurs. Les informations de type 2, en revanche, représentent l'évaluation de la technologie par l'agriculteur (pertinente, applicable, acceptable). Pour recueillir ce type d'informations, il faut que l'agriculteur utilise lui-même la technologie. Le rôle des chercheurs se limite à observer les réactions de l'agriculteur, à découvrir les raisons des modifications qu'il peut apporter et à identifier les problèmes et les possibilités qu'offrent ces activités. Ces données sont habituellement qualitatives. Dans certains cas, cependant, des évaluations quantitatives sont effectuées en utilisant des paramètres précis par rapport au nombre total d'exploitations.

Deux caractéristiques de la culture en couloirs rendent délicate la recherche en ferme. D'une part, il s'agit d'un système qui fait appel à plusieurs aspects de l'exploitation. Il est donc différent des technologies d'amélioration des variétés ou

des engrais, par exemple, qui ne portent que sur un seul aspect. D'autre part, la plantation et l'entretien des arbres entraînent des modifications du comportement de l'agriculteur. Dans le cas des essais en ferme d'une technologie d'aspect unique, les informations de types 1 et 2 peuvent être recueillies à partir du même essai. Toutefois, la nature souple et innovatrice de la culture en couloirs exige que plusieurs types d'essais soient entrepris pour que l'on recueille ces données.

En tant que mode d'exploitation, la culture en couloirs associe plantation et entretien d'arbres, production de cultures, gestion des sols et élevage. Les arbres remplissent différents rôles. Le feuillage peut servir de paillis à une culture vivrière ou de fourrage aux ruminants. Le bois peut être utilisé pour fabriquer des tuteurs ou comme bois de chauffage. Les produits des arbres peuvent être employés de diverses manières. Le système qui détermine, par exemple, les proportions respectives de feuillage qui devraient être consacrées aux cultures et au bétail n'a rien d'absolu.

Les caractéristiques de la culture en couloirs se reflètent dans la collecte des données de type 1 (quantitatives, biologiques) et des données de type 2 (sociologiques). Le système faisant appel à plusieurs activités agricoles différentes, la collecte des données agronomiques (type 1) et économiques devient délicate. Les essais en ferme pour déterminer les coefficients techniques du système ne peuvent être effectués que dans des conditions bien précises. Par conséquent, des variables telles que la proportion de feuillage utilisé comme paillis et comme fourrage, le moment de l'élagage des arbres, le type, la variété et l'entretien des cultures, doivent être constamment contrôlées. En outre, il convient de faire durer les expériences pendant plusieurs années pour tenir compte du long cycle de production qui résulte de l'association des arbres, des changements à long terme de la fertilité des sols et de l'élevage.

Bien que la nature composite de la culture en couloirs rend la collecte des données de type 1 délicate, en même temps, elle rend la collecte des données de type 2 cruciale. La souplesse est une caractéristique inhérente de ce système, ce qui signifie que l'agriculteur dispose de plusieurs options. Il fera son choix en fonction de ses objectifs de production et de ses ressources.

Les données de type 2 sont cruciales car il s'agit d'un système entièrement nouveau. Bien que les agriculteurs se soient familiarisés avec l'entretien des arbres dans le contexte de la jachère forestière, l'adoption de la culture en couloirs les entraînera à utiliser plusieurs nouvelles méthodes, parmi lesquelles la plantation d'arbres dans des parcelles arables, la production de paillis et de fourrage, la récolte et le transport du fourrage destiné aux animaux, la modification de l'aménagement des terres et des cycles de rotation. En outre, il ne s'agit pas uniquement d'instaurer un mode d'exploitation innovateur et d'acquérir de nouvelles compétences. Car pour adopter un nouveau système (Francis, dans ce volume), il faut tenir compte des facteurs institutionnels, sociologiques et humains qui risquent de s'avancer au premier plan (tels que la répartition des bénéfices tirés de la technologie parmi les membres du ménage ou les conséquences du régime foncier). En outre, la nouveauté relative de ce mode d'exploitation exige que l'on mette au point des stratégies efficaces de vulgarisation.

Tout cela signifie que des types d'essais différents sont requis pour rassembler les données de types 1 et 2. En outre, compte tenu de l'importance particulière des

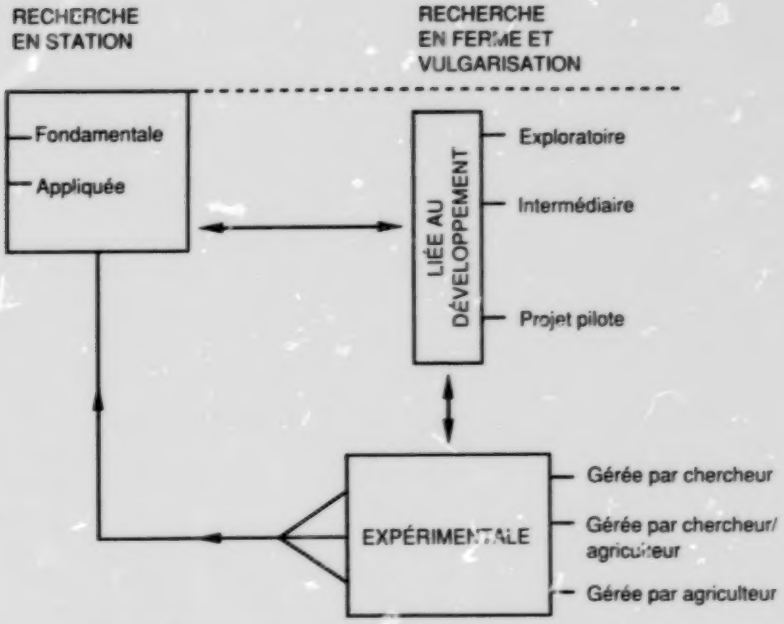

Fig. 2. Lien entre les recherches en station et les essais en ferme.

données de type 2, on peut avancer que les essais de type 2 devraient précéder les essais de type 1.

Le programme de recherches en ferme du CIPEA, en matière de culture en couloirs, distingue deux types d'essais qui correspondent à deux catégories de données. Dans notre exposé, nous les appellerons «données de mise au point» et «données expérimentales». La première phase, la mise au point, comporte trois étapes. La Figure 2 illustre schématiquement la relation entre ces types d'essais. La première étape (1981–1982) comprend les essais exploratoires; la deuxième (1983–1984) porte sur les essais intermédiaires; la troisième (depuis 1984) englobe une recherche pilote et un projet de vulgarisation. Les informations recueillies à partir de ces essais ont permis la mise au point de la culture en couloirs. Au fur et à mesure, la participation des chercheurs aux essais a diminué au profit de celle des agriculteurs.

Essais exploratoires en ferme

Les essais exploratoires en ferme, qui ont débuté en 1981, représentaient la première tentative pour faire cultiver des parcelles en couloirs par les agriculteurs. Ils ont porté sur des questions fondamentales, telles que la conception de la technologie et sa viabilité sur le terrain. Au cours de cette année, on a planté deux parcelles dans la région de Badeki, à quelque 30 km à l'ouest d'Ibadan. En 1982, on en a planté trois autres : l'une dans la région de Badeku et les autres près de

Fashola, à l'ouest d'Oyo et à quelque 60 km au nord d'Ibadan. C'est principalement le CIPEA qui s'est consacré à la plantation et à l'entretien de ces parcelles. L'une des premières a été créée sur une terre en jachère et l'on n'y a planté aucune culture. Cette exploitation était gérée en collectivité, les travailleurs étant fournis par une coopérative existante d'agriculteurs. Il a été difficile de mobiliser des agriculteurs pour un travail collectif, la nature et la répartition des bénéfices étant incertaines, n'encourageant guère les individus à apporter leur contribution. En outre, la notion de jachère améliorée était tout à fait nouvelle dans cette région et les agriculteurs hésitaient à y consacrer de la main-d'oeuvre.

Ces essais exploratoires ont permis de déterminer que le ménage représentait l'unité de gestion la plus efficace et que l'entretien des arbres fourragers devrait être associé avec celui des cultures vivrières. Les premiers essais ont également mis en lumière les problèmes posés par l'établissement de *Gliricidia*. Le coût, en termes de temps et de ressources, de l'obtention, du transport et de la plantation de *Gliricidia* s'est révélé prohibitif. C'est à la suite de cela que l'on a essayé, en station, d'ensemencer *Gliricidia*.

Essais intermédiaires en ferme

Les essais intermédiaires ont permis aux chercheurs de juger dans quelle mesure les agriculteurs étaient capables d'entretenir des parcelles en couloirs. La participation du CIPEA s'est largement atténuée et l'on a encouragé les agriculteurs à contribuer à la mise au point du système en le modifiant selon leurs besoins. En 1983, 12 parcelles en couloirs avaient été créées sur les terrains d'agriculteurs, avec la participation des chercheurs, dans les régions de Badeku et de Fashola. *Leucaena* et *Gliricidia* avaient été ensemencés et ont prospéré.

La gestion des parcelles par les agriculteurs a été jugée satisfaisante dans l'ensemble. Certaines parcelles de la région de Fashola étaient cultivées à la charrue, démontrant que la culture en couloirs était compatible avec le labour mécanisé. Deux agriculteurs ont utilisé avec succès le feu pour défricher le terrain entre les rangées, avant d'entreprendre la culture à la fin de la saison sèche. Un autre agriculteur a démontré que l'on pouvait utiliser les billons existants en plaçant les parties élaguées dans les sillons avant de rabattre par-dessus les vieux billons. Cette étape des essais, en plus de démontrer la souplesse du système, une fois appliquée sur le terrain, a permis de déterminer quelle serait la superficie idéale des parcelles en couloirs. La surface cultivée en couloirs par les agriculteurs allait de 0,2 à 0,4 ha, avec une moyenne de 0,3 ha. Cette phase a également permis de mettre au point les critères de surveillance des parcelles cultivées en couloirs dans les champs des agriculteurs. En outre, les parcelles établies pouvaient servir de terrains de démonstration pendant l'étape suivante.

Bien que les agriculteurs participants avaient entretenu leurs parcelles en couloirs avec dynamisme et succès, le système n'a pas été adopté par les autres agriculteurs de la région. Notons qu'à ce stade, trois raisons empêchaient la méthode de se diffuser. Tout d'abord, la participation continuelle du CIPEA n'incitait pas les autres agriculteurs à penser qu'ils pouvaient eux-mêmes se lancer dans cette entreprise sans l'aide des chercheurs. Ensuite, le programme était orienté vers les agriculteurs plutôt que vers la communauté dans son ensemble. Enfin, aucune tentative de vulgarisation n'avait été prévue à ce stade. Ces résultats ont fait

surgir deux exigences qu'il fallait satisfaire pour que la technologie se répande avec succès parmi la population : une démarche à l'échelon communautaire et un programme de vulgarisation agricole spécialement conçu pour la culture en couloirs.

Le projet pilote

La troisième étape des essais en ferme a été la mise en train d'un projet pilote dans le cadre duquel l'agriculteur était responsable de ses parcelles en couloirs. Ce projet a été exécuté avec la collaboration de la Nigerian Livestock Project Unit (NLPU) et la méthodologie est décrite par Atta-Krah (1985). La participation du CIPEA s'est largement limitée à la fourniture de semences d'arbres fourragers et de conseils sur la plantation et l'entretien. Cette étape avait pour but d'évaluer la pertinence, l'applicabilité et l'acceptabilité du système auprès des agriculteurs et de permettre sa diffusion dans un vaste éventail de conditions de gestion différentes et dans des milieux différents.

Pour éviter que les agriculteurs ne dépendent trop de la participation des chercheurs au cours de ces premières étapes, on a choisi de procéder aux essais sur un troisième site. Sans compter les visites occasionnelles du personnel de recherche, les agriculteurs qui avaient participé aux essais exploratoires et intermédiaires ont été livrés à eux-mêmes. Comme nous l'avons mentionné plus haut, leurs parcelles serviront d'unités de démonstration et de formation pour les besoins de la troisième étape du travail sur les fermes. Les critères de sélection du site où se déroulerait cette troisième étape reposaient sur la démonstration d'une participation active à la culture et d'un intérêt pour l'élevage des petits ruminants. Après de nombreuses visites et plusieurs levés aériens de deux terrains relevant de l'administration locale de l'État d'Oyo, on a choisi les villages adjacents d'Owu Ile et d'Iwo Ate, situés à 20 km, environ, au nord-est d'Oyo, dans les districts d'Ejigbo et d'Ogbomosho. Les villages présentaient l'avantage d'être situés dans une région de transition entre la forêt et la savane de dégradation, tandis que bon nombre de leurs habitants cultivaient des terres situées dans ces deux zones écologiques.

Après que les villages ont été choisis, on a communiqué avec leurs chefs et autres personnalités locales. Des réunions ont été organisées pour leur présenter le projet. Des échantillons de brout et de semences fourragères ont été exposés et l'on a distribué aux agriculteurs des affiches qui décrivaient les diverses étapes de l'établissement des arbres. On a clairement défini les engagements et les responsabilités des agriculteurs et des chercheurs en matière, surtout, de financement et de crédit, pour éviter de soulever de faux espoirs. Le projet ne faisait appel à aucun crédit.

On a organisé, pour les agriculteurs intéressés, des visites sur les lieux des premiers essais, afin qu'ils puissent voir des parcelles cultivées en couloirs dans des champs semblables aux leurs. Ils ont ainsi eu l'occasion de comprendre ce qu'entraînait le système et de s'entretenir avec les agriculteurs qui l'avaient déjà adopté. À la suite de ces visites, 45 agriculteurs d'Owu Ile et 33 d'Iwo Ate se sont inscrits pour participer au projet. On a ensuite évalué la terre dans laquelle ils se proposaient de planter les arbres. Plusieurs exploitations ont été rejetées, soit parce qu'elles étaient médiocrement gérées, soit parce que les cultures arborescentes

projetaient déjà trop d'ombre. On a rempli, pour chaque exploitation, une fiche d'observations et un questionnaire qui ont fourni les données de base.

On a ensuite réuni les agriculteurs pour discuter des méthodes et techniques de plantation : profondeur, taux d'ensemencement, disposition et espacement des arbres compte tenu de la nature des cultures vivrières. Ensuite, on a organisé dans les deux villages des démonstrations de plantation. Des semences d'arbre, 450 g de *Leucaena* et 450 g de *Gliricidia*, ont été distribuées aux agriculteurs après la démonstration. La plupart des participants les ont plantées dans les 4 semaines suivant la démonstration.

Étant donné que la surveillance et la vulgarisation étaient des composantes cruciales du projet, un vulgarisateur agricole, nommé par le ministère de l'Agriculture de l'État d'Oyo via le NLPU, a été formé par le CIPEA. Il s'est ensuite installé sur les lieux (Owu Ile et Iwo Ate) pour participer à toutes les activités d'exploitation. On l'a spécialement chargé de conseiller les agriculteurs sur l'entretien et l'utilisation des parcelles en couloirs. La surveillance du projet a été coordonnée par le titulaire d'une bourse de recherches postdoctorales et les données ont été régulièrement recueillies par deux techniciens expérimentés, affectés à temps plein au projet et chargés de recueillir les informations agronomiques et socio-économiques. Ce programme de surveillance englobait des visites de toutes les parcelles en couloirs, tous les quinze jours. Au cours de chaque visite, on recueillait des informations sur la condition des arbres, sur les cultures vivrières et sur les activités entreprises depuis la visite précédente, sur l'état général de la parcelle et sur la perception que les agriculteurs avaient du système.

Une étude économique de base a été entreprise auprès de tous les ménages des villages. On a recueilli des données sur la composition des ménages, les métiers et la possession de bétail. Un projet sur la participation éventuelle des femmes à la culture en couloirs a également été entrepris. Les données recueillies étaient destinées à définir les caractéristiques socio-économiques du groupe de clients potentiels (Okali et Cassaday 1985; Cashman 1986).

Toutes les parcelles en couloirs ont été évaluées par les chercheurs à intervalles de 6 mois. On s'est principalement intéressé à l'établissement et à la condition générale des arbres. Ces visites ont permis de donner des notes aux parcelles de 1 (mauvais état) à 4 (excellent état), en fonction de la qualité de l'établissement des arbres.

Évaluation du projet

À ce stade, on a laissé aux agriculteurs participants les décisions importantes sur l'établissement et la gestion des parcelles en couloirs. C'est ainsi que des parcelles de superficies différentes ont été créées sur des sols de type et de fertilité divers. Ces différences ont abouti à des variations de croissance et d'établissement des arbres. La productivité des arbres a également été influencée par la nature des cultures ou des mélanges de cultures plantées entre les rangées ainsi que par les rotations qui ont suivi. L'utilisation et l'entretien des arbres ont été influencés par la distance à laquelle les parcelles se trouvaient des villages.

En raison du nombre de facteurs qui exerçaient une influence sur la productivité des arbres, il s'est révélé impossible de comparer les parcelles en se fondant sur un seul facteur. L'analyse qui suit regroupe les parcelles en fonction de plusieurs

critères et compare les notes moyennes obtenues par ces groupes (soit la moyenne des notes obtenues par chaque exploitation agricole du groupe) pour évaluer le rendement des arbres.

Écologie

Comme nous l'avons mentionné plus haut, Owu Ile et Iwo Ate se trouvent dans la zone de transition entre la forêt et la savane. Les exploitations forestières prédominent autour d'Owu Ile. En revanche, la majeure partie des terres d'Iwo Ate s'étend dans la savane de dégradation. L'ombre a posé quelques problèmes dans la zone forestière. Toutefois, les sols de cette région sont généralement plus riches que ceux de la savane, ce qui semble avoir contrebalancé l'excès d'ombre. Dans l'ensemble, la note moyenne obtenue par les parcelles de la zone forestière n'a pas été supérieure à la moyenne des parcelles de la savane (Tableau 1). Il est évident que des parcelles en couloirs peuvent être établies dans les deux environnements.

Communauté

On a noté une différence marquée entre la qualité des parcelles en couloirs créées par chaque communauté. Les parcelles d'Iwo Ate ont obtenu une note moyenne supérieure à celles d'Owu Ile (Tableau 2). Cela s'explique peut-être par le degré plus élevé de motivation dont semblaient faire preuve les agriculteurs d'Iwo Ate. On pourrait expliquer ce phénomène par la manière dont les premiers contacts ont été noués avec les villageois. Alors que les habitants d'Owu Ile ont été contactés par le CIPEA, l'initiative de la participation d'Iwo Ate au projet est venue des agriculteurs eux-mêmes. Les agriculteurs d'Iwo Ate se sont montrés, dans l'ensemble, plus intéressés et plus enthousiasmés par la culture en couloirs que leurs homologues d'Owu Ile.

Hommes et femmes

Les femmes possèdent ou élèvent une vaste proportion du cheptel de petits ruminants dans le sud-ouest du Nigéria et sont chargées de préparer le fourrage complémentaire que l'on donne au bétail pour les besoins du mode traditionnel d'exploitation (Fig. 3). Elles participent également à la production agricole. Par conséquent, les avantages éventuels de la culture en couloirs semblent principalement les concerner (Youdeowei 1984). Bien que beaucoup de parcelles situées dans la catégorie d'évaluation la plus élevée soient gérées par des femmes, les parcelles

Tableau 1. Moyennes obtenues selon la zone écologique du site de toutes les parcelles en couloirs en 1984.

Zone écologique	Nombre de parcelles	Moyenne (±SE)
Forêt	36	2,6±0,02
Savane	26	2,6±0,03

Tableau 2. Moyennes obtenues selon les villages dans lesquels étaient situées, en 1984, toutes les parcelles en couloirs.

Village	Nombre de parcelles	Moyenne (±SE)
Owu Ile	33	2,50±0,02
Iwo Ate	29	2,80±0,03

Fig. 3. Parcelle cultivée en couloirs par les agriculteurs. Agricultrices exploitant des haies de *Gliricidia* dans le sud-ouest du Nigéria.

établies par des hommes ont obtenu une note légèrement supérieure (Tableau 3). Cela s'explique sans doute par le fait que les femmes sont contraintes de consacrer du temps à d'autres activités. En plus de l'agriculture, elles s'occupent également de la transformation des aliments et de leur commercialisation (Okali et Cassaday 1985).

Exploitation des parcelles

C'est ce facteur qui semble déterminer la survie et l'établissement réussi des arbres (Tableau 4). L'enlèvement des mauvaises herbes, dès le départ, est particulièrement crucial car les semis qui prennent du temps à pousser risquent de souffrir de la concurrence des mauvaises herbes. Les plants d'arbres envahis peuvent aussi être déracinés par inadvertance au cours de l'arrachement de ces espèces nuisibles, notamment lorsqu'on emploie de la main-d'oeuvre occasionnelle. Ce phénomène a créé des vides dans de nombreuses rangées et a été jusqu'à faire mourir la totalité des arbres dans quelques parcelles.

Tableau 3. Moyennes d'agriculteurs et d'agricultrices dans toutes les parcelles en couloirs de 1984.

Sexe	Nombre de parcelles	Moyenne (±SE)
Homme	51	2,66±0,02
Femme	11	2,54±0,07

Tableau 4. Moyennes pondérées du nombre de désherbages pour toutes les parcelles en couloirs.

Nombre de désherbages observés[a]	Owu Ile		Iwo Ate		Moyenne globale
	Nombre de parcelles	Moyenne	Nombre de parcelles	Moyenne	
1	5	2,18	0	—	2,18
2	6	2,02	3	2,02	2,02
3	9	2,57	11	2,31	2,43
4	11	2,78	6	2,88	2,82
5	2	3,37	8	3,59	3,55
6	0	—	1	4,00	4,00
Total/moyenne	33	2,53	29	2,81	2,66

[a] Pendant l'année d'établissement.

Tableau 5. Cultures plantées dans les parcelles en couloirs des agriculteurs, 1984–1985.

Cultures	Première saison		Deuxième saison	
	1984[a]	1985	1984	1985
Maïs	22 (33,3)[b]	5 (7,9)	17 (25,8)	5 (7,9)
Manioc	3 (4,5)	31 (49,2)	24 (36,4)	26 (41,3)
Ignames	14 (21,2)	14 (22,3)	5 (7,6)	10 (15,9)
Poivre	3 (4,5)	2 (3,2)	4 (6,1)	0 (0,0)
Maïs–ignames	6 (9,1)	2 (3,2)	0 (0,0)	3 (4,8)
Ignames–manioca	6 (9,1)	1 (1,6)	4 (6,1)	3 (4,8)
Maïs–manioc	12 (18,2)	4 (6,3)	6 (9,1)	3 (4,8)
Jachère	0 (0,0)	4 (6,3)	6 (9,1)	13 (20,6)
Total	66 (100)	63 (100)	66 (100)	63 (100)

[a] Période d'établissement des arbres.
[b] Les chiffres entre parenthèses indiquent le pourcentage de parcelles.

Choix des cultures

Il s'agit d'un autre aspect délicat de la gestion des parcelles. Dans l'ensemble, les cultures de courte durée, qui permettent deux récoltes par an, ou les cultures de petite taille telles que le poivre ou le niébé (variété droite) sont les plus appropriées. Les cultures rampantes telles que les ignames (lorsqu'elles ne sont pas soutenues par des tuteurs) et le melon peuvent faire de l'ombre ou étouffer les plants d'arbres. On a découvert que la plantation simultanée d'arbres et de manioc était satisfaisante. Les arbres plantés entre des cultures déjà établies de manioc étaient trop ombragés. Ce sont les ignames, le manioc, le maïs ou des mélanges de ces cultures qui ont été les plus fréquemment plantés dans les parcelles en couloirs (Tableau 5).

Accessibilité

Le degré d'entretien et d'utilisation des arbres est fonction de la distance (généralement parcourable à pied) à laquelle se trouvaient les parcelles du village, bien que dans l'un des secteurs la gestion des parcelles ait souffert d'une crue

prolongée. Les arbres fourragers plantés dans des parcelles proches des villages étaient habituellement taillés plus souvent pour récolter le fourrage.

Utilisation des arbres

Les agriculteurs ont principalement utilisé les arbres pour en faire du paillis, du fourrage et des tuteurs destinés aux plants d'ignames. Une étude entreprise en 1985 a révélé que près de la moitié des participants avaient utilisé les arbres pour en faire du paillis et du fourrage, et l'autre moitié, seulement pour en faire du paillis. Un seul agriculteur a uniquement utilisé les arbres comme fourrage. Au cours de la saison des pluies, le feuillage a surtout été coupé pour faire du paillis. En revanche, pendant la saison sèche, on l'a principalement employé comme fourrage, que l'on a attaché et suspendu à portée des animaux. Toutefois, on ne semble pas avoir empêché les animaux d'autres membres du ménage de brouter les arbres. Le besoin de fourrage ayant augmenté pendant la saison sèche, l'élagage des arbres a parfois été excessif. Dans certains cas, les arbres ont carrément dépéri et *Gliricidia* s'est montré plus fragile que *Leucaena*.

Plusieurs techniques de paillage ont pu être observées. Certains agriculteurs ont éparpillé sur le sol le feuillage élagué. D'autres l'ont placé dans les sillons, recouvert des billons de la saison précédente. D'autres encore ont préféré l'incorporer, de la manière traditionnelle, au sommet de la petite butte qui recouvre les ignames.

Après le fourrage et le paillis, la troisième utilisation des arbres a été la fabrication de tuteurs pour les plants d'ignames. Les agriculteurs savent que le tuteurage améliore le rendement et ils utilisent tous les supports qu'ils peuvent trouver (souches, chaume de maïs, etc., qu'on laisse à cette fin dans les champs). Cependant, ils sortent rarement de leurs champs pour recueillir de quoi fabriquer des tuteurs. On a observé deux méthodes de tuteurage des plants d'ignames à l'aide des arbres. Soit les exploitants les taillent pour fabriquer des tuteurs traditionnels, soit ils fixent simplement les tiges d'ignames aux arbres. Dans le dernier cas, l'élagage consiste à arracher à la main les feuilles de la tige principale.

Aucun des agriculteurs n'a utilisé les arbres pour en faire du bois de chauffage. Un élagage fréquent ne prédispose pas à la production de matériel ligneux susceptible de faire un bon bois de chauffage. Bien qu'il y ait, dans les villages, un marché pour ce produit du bois, on peut s'en procurer facilement dans les champs en jachère et sa valeur semble reliée aux ressources consacrées à la coupe et au transport.

Conception des agriculteurs

Dans le cadre de l'évaluation, la conception que les agriculteurs avaient du nouveau système a été recueillie à l'aide de questionnaires et au cours de conversations. Les effets bénéfiques de la culture en couloir sur la fertilité des sols ne se manifesteront qu'à long terme. Toutefois, certains agriculteurs affirment avoir, dès la 2^{e} année, remarqué un accroissement des récoltes de maïs. D'autres ont émis des observations sur l'effet bénéfique des arbres sur le sol qui leur semble plus facile à travailler. On a également mentionné, comme avantage, la disparition d'espèces nuisibles telles qu'*Imperata*.

C'est à court terme que l'on peut observer les avantages du système sur l'alimentation du bétail. Le feuillage peut en effet servir de fourrage dès la première année de croissance des arbres. On croit que ce phénomène contribue,

pour une large part, à rendre le système acceptable aux agriculteurs. Comme nous l'avons vu, l'utilisation du feuillage comme fourrage est très répandu. Trois agriculteurs étaient sceptiques quant aux effets des arbres sur l'élevage. L'un d'eux croyait que le brout avait provoqué une accumulation fatale de dépôts graisseux dans l'abdomen d'un animal. Deux autres agriculteurs ont décrit des symptômes qui semblent être reliés à la toxicité de la mimosine. On a d'ailleurs découvert par la suite que l'un de ces agriculteurs n'avait utilisé que *Leucaena* comme fourrage. On sait que la mimosine est allergène lorsque les ruminants consomment de grosses quantités de *Leucaena*.

Malgré ces problèmes, la plupart des agriculteurs ont apprécié de pouvoir disposer d'un fourrage de bonne qualité. Les animaux, après une période initiale d'adaptation, semblent avoir accepté l'ajout de légumineuses à leur alimentation. L'un des agriculteurs a relaté que ses chèvres, ayant pris goût au brout, refusaient désormais de manger la balle de maïs habituelle. Un autre agriculteur, qui nourrissait habituellement ses chèvres le matin, a déclaré qu'elles avaient pris l'habitude de venir toquer à sa porte si leur repas n'était pas prêt à l'heure habituelle.

Adoption et diffusion

La diffusion spontanée d'une technologie est le test qui permet de conclure si elle va ou non être acceptée des agriculteurs. Lorsque le projet a été lancé, 66 agriculteurs ont obtenu auprès du CIPEA des semences d'arbres fourragers. Douze autres en ont ultérieurement réclamé (Tableau 6). De ces 78 agriculteurs, 68 ont planté des parcelles en couloirs. Huit autres parcelles ont ensuite été découvertes. Elles appartenaient à des agriculteurs qui s'étaient procuré des semences auprès de leurs voisins sans en informer le CIPEA. Cela a été interprété comme un signe

Tableau 6. Plantation de parcelles en couloirs dans les deux villages du projet pilote.

	Owu Ile	Iwo Ate	Total
Nombre d'agriculteurs qui :			
ont reçu des semences du CIPEA (mars 1984)	38	28	66
ont réclamé ultérieurement des semences au CIPEA	8	4	12
ont obtenu des semences d'espèces fourragères de leurs voisins	3	5	8
Parcelles en couloirs en 1984	49	37	86
viable en juillet 1985	38	30	68
viable en janvier 1986	31	29	60
Abandons (après plantation)			
juillet 1985	4	4	8
janvier 1986	11	5	16
Agriculteurs ayant obtenu des semences qu'ils n'ont pas plantées	7	3	10
Agriculteurs ayant planté en 1985	14	26	40
Parcelles surveillées en mars 1986	45	55	100

encourageant. Par conséquent, 74 parcelles en couloirs ont été plantées en 1984. Celles dont les arbres se sont si mal établis qu'on ne pouvait en attendre des bénéfices, tant pour le bétail que pour le sol, ont cessé de faire l'objet d'études. En juillet 1985, 68 parcelles en couloirs étaient jugées viables. En janvier 1986, 60 étaient encore surveillées. Toutes, à l'exception d'une parcelle qui a été abandonnée plus tard, étaient exploitées par les habitants d'Owu Ile.

Il est difficile de séparer les facteurs environnementaux des conditions d'exploitation lorsqu'on tente d'expliquer pourquoi certaines tentatives ont échoué. Dans plusieurs cas, les arbres ont été plantés sur des terres qui étaient prêtes pour la jachère. Il s'agissait peut-être là, chez l'agriculteur, d'une attitude rationnelle, minimisant les risques, face à une technologie dont les coûts et les bénéfices demeuraient fort incertains. En temps normal, ces terres n'auraient pas été mises en culture à ce moment-là et toutes les ressources nécessaires venaient s'ajouter à celles qu'il fallait consacrer aux autres parcelles. Les bénéfices auraient donc été très faibles et c'est sans doute pourquoi l'entretien de ces parcelles a été négligé. Dans d'autres cas, la mauvaise qualité de l'entretien semble avoir été le fruit de faux espoirs quant à la nature du projet. Certains agriculteurs, par exemple, espéraient que le projet leur apporterait des crédits. Dans le cas d'autres participants, l'entretien de la parcelle en couloirs empiétait sur leurs activités.

En 1985, soit la 2^{e} année du projet, 40 agriculteurs avaient planté des parcelles en couloirs (Tableau 6). Parmi eux se trouvaient deux de ceux qui avaient, l'année précédente, essayé sans succès de planter des arbres dans des sols épuisés.

La participation des femmes à l'établissement de parcelles en couloirs a enregistré une hausse spectaculaire en 1985. En 1984, seulement 17 % des participants étaient des femmes. En 1985, la proportion est passée à 50 %. Ce phénomène a provoqué l'affectation, dans les villages, d'une personne spécialement chargée d'étudier la question de la participation des femmes à la culture en couloirs.

Le système s'est également répandu dans les communautés voisines. En 1985, les agriculteurs de trois villages avoisinants ont réclamé au CIPEA des semences pour planter des parcelles en couloirs. Une autre communauté a contacté le CIPEA pour la plantation de 1986. Ces événements, plus que tout, indiquent que les habitants de la région considèrent d'un oeil favorable le système de la culture en couloirs.

Essais expérimentaux en ferme

La recherche décrite ci-dessus était principalement destinée à permettre la collecte de données de type 2. Une fois le système mis au point, défini et mis à l'essai, on a utilisé une démarche technique plus étroite pour obtenir des données sur la production et autres coefficients dans les conditions d'exploitation normales. Il s'agit donc d'organiser des essais en fermes en collaboration avec les agriculteurs qui avaient planté des parcelles en couloirs au cours des étapes précédentes de la recherche (Fig. 2). À ce stade, les traitements expérimentaux peuvent se superposer à l'exploitation des parcelles déjà cultivées en couloirs.

La méthodologie de ces essais ne différera donc pas, en principe, de celle que l'on a utilisée lors des essais traditionnels, dirigés par le chercheur, seul ou en

collaboration avec l'agriculteur (Collinson 1982; Hildebrand et Poey 1985). Ces essais utilisent des méthodes traditionnelles bien qu'on mette surtout l'accent sur la simplicité et la souplesse de la conception. Cela est encore plus important dans le cas de la culture en couloirs, en raison des interactions complexes du système. Notre intention n'est pas, ici, de présenter les principes directeurs de ce type d'essais. Des facteurs tels que le nombre de traitements et de répétitions, l'effectif des agriculteurs et la superficie minimale de la parcelle différeront en fonction des objectifs de l'essai et d'autres considérations.

Relations entre les essais en ferme et les essais en station

L'une des importantes caractéristiques de la stratégie de recherches en ferme décrite ici est qu'elle permet de mieux adapter les travaux effectués en station à la réalité, grâce à l'identification des problèmes que posent les essais en ferme. Les évaluations des résultats permettent d'associer les objectifs et les méthodes des essais en station aux conditions de vie, besoins et priorités des agriculteurs.

La mise à l'essai de la méthode de culture en couloirs sur le terrain grâce à des recherches en ferme a fourni aux chercheurs des informations sur l'établissement et l'entretien des arbres fourragers dans de nombreux environnements différents. On a également pu déterminer dans quelle mesure ces nouvelles méthodes convenaient aux agriculteurs, compte tenu des différences de ressources dont ils disposaient et de la diversité de leurs objectifs de production. Par exemple, les recherches sur l'établissement de *Gliricidia* à partir de semences ont débuté grâce aux problèmes posés par l'utilisation, sur le terrain, de plants avec tuteur. L'ensemencement réduit considérablement le volume du matériel à planter ainsi que le prix du transport. L'établissement des arbres coûte moins cher et les semences sont plus faciles à distribuer que les plants. Grâce au succès de ces recherches, l'établissement de *Gliricidia* à partir de plants, qui était la principale méthode utilisée au début des essais, a totalement disparu.

Beaucoup d'essais en station sont destinés à répondre à l'utilisation de la technologie par les agriculteurs. Par exemple, une expérience permet d'évaluer les effets d'un élagage intensif sur la productivité des arbres. Une autre, destinée à analyser les répercussions des tendances selon lesquelles les arbres sont utilisés comme fourrage ou pour fabriquer du paillis, s'occupe des effets à long terme sur les propriétés et la fertilité des sols de l'élagage de diverses quantités de feuillage ou de son utilisation pour nourrir les animaux. La formation de billons pendant la période de culture, qui est une coutume des agriculteurs de la région, fait alterner entre trois et quatre le nombre de billons situés entre deux rangées d'arbres (voir Reynolds et Atta-Krah, dans ce volume). Un essai est actuellement en cours pour étudier les effets de la disposition des plants de maïs entre les rangées afin de minimiser la perte de rendement dans les rangées qui contiennent trois billons.

Conclusions

Nous nous sommes ici servis de l'expérience du CIPEA pour illustrer l'importance des recherches en ferme lorsqu'il s'agit d'évaluer le potentiel de la culture en couloirs. Nous avons pris en considération le rôle des essais effectués sur

le terrain pour évaluer la technologie et pour identifier les problèmes auxquels devraient ensuite se consacrer les recherches en station. Le lien entre les recherches en fermes et en station n'est pas symbolique et il est essentiel que le transfert d'informations ait lieu dans les deux sens. Par conséquent, la recherche en station s'intéresse non seulement à la détermination du potentiel du système mais encore aux problèmes précis qui émergent des essais en ferme.

On a allégué que la nature particulière de la culture en couloirs (son caractère méthodique, sa souplesse et sa nouveauté) exigeait la participation de l'agriculteur dès les premiers stades de la recherche en ferme. Les travaux préliminaires permettent d'identifier les problèmes et d'adapter la technologie aux conditions de vie des agriculteur.À un stade ultérieur, la participation accrue des exploitants à l'entretien et à l'utilisation des parcelles en couloirs permet une mise au point encore plus précise du système. Sa viabilité et son acceptabilité peuvent être évaluées grâce à la mise en train de projets pilotes à l'échelle de la communauté, qui font appel à des recherches et des essais en ferme. Cette méthode permet aux agriculteurs d'être livrés à eux-mêmes et d'exploiter un système foncièrement souple. Il est toutefois essentiel, à ce stade, d'observer étroitement les réactions des agriculteurs face à la nouvelle technique d'exploitation.

Ensuite, on peut mettre en route des essais destinés à définir les paramètres techniques et les paramètres de production du système. Dans ce but, il est possible d'entreprendre des expériences dans des parcelles déjà cultivées en couloirs par les agriculteurs qui ont participé au projet pilote. Mais il ne serait pas réaliste de vouloir quantifier les bénéfices obtenus au cours des premières étapes, alors que les agriculteurs essaient encore de s'adapter au système.

La séquence de recherche décrite ici est née de l'expérience du CIPEA. Elle repose sur des faits précis et ne doit donc pas être considérée comme immuable, quelle que soit la situation. L'équilibre entre les méthodes utilisées, tout comme entre les recherches en station et les recherches en ferme, les essais dirigés par les chercheurs et les essais dirigés par les agriculteurs, dépend de plusieurs facteurs tels que la nature de la technologie étudiée, l'état des connaissances, le degré de familiarité de l'agriculteur avec les nouvelles méthodes ainsi que leurs répercussions socio-culturelles et institutionnelles.

Références

Atta-Krah, A.N. 1988. Approche par étape de la recherche en ferme : projet-pilote d'amélioration de la production des petits ruminants dans l'Afrique occidentale humide. *In* Nordblom, T.L., Ahmed, A.K.H., Potts, G.R., éd., Méthodes de recherche applicables aux essais zootechniques en ferme : compte rendu de l'atelier tenu à Alep (Syrie), du 25 au 28 mars 1985. Centre de recherches pour le développement international, Ottawa, Ont., Canada. IDRC-242f, 65–81.

Cashman, K. 1986. If women do not farm what do they do? Centre international pour l'élevage en Afrique, Ibadan, Nigéria.

Collinson, M. 1982. Farming systems research in East Africa: the experience of Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo and some National Agricultural Research Services, 1976–1981. Michigan State University, East Lansing, MI, É.-U. International Development Paper 7.

Hildebrand, P.E., Poey, F. 1985. On-farm agronomic trials in farming systems research and extension. Lynne Rienner Publishers, Boulder, CO, É.-U.

Matlon, P.J. 1982. On-farm experimentation farmers' tests in the context of a programme of farm-level baseline studies. Exposé présenté à l'atelier Workshop on On-Farm Experimentation for Farming Systems Research, Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan, Nigéria, 31 mai–4 juin 1982. Institut international de recherches sur les cultures des zones tropicales semi-arides, Hyderabad, Inde.

Okali, C., Cassaday, K. 1985. Community response to a pilot farming project in Nigeria. African–American Issues Study Center, Boston University, Boston, MA, É.-U. Discussion Paper 10.

Youdeowei, D.A. 1984. Alley farming: potential benefits for rural women. Exposé présenté à l'atelier Workshop on Women in Agriculture in West Africa, Ibadan, Nigéria, 7–9 mai 1984.

Zandstra, H.G. 1982. On-farm research to improve production systems. Exposé présenté à l'atelier Workshop on On-Farm Experimentation for Farming Systems Research, Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan, Nigéria, 31 mai–4 juin 1982. Institut international de recherches sur les cultures des zones tropicales semi-arides, Hyderabad, Inde.

Partie 5

Rapports des pays : régions semi-arides, humides et subhumides

La culture en couloirs dans les régions semi-arides de l'Inde

R.P. Singh[1], R.J. Van den Beldt[2], D. Hocking[3] et G.R. Korwar[1]

[1]Central Research Institute for Dryland Agriculture, Santoshnagar, Hyderabad, Inde; [2]Institut international de recherches sur les cultures des zones tropicales semi-arides, Patancheru, AP, Inde; 3Oxford Forestry Institute, Oxford, R.-U.

Résumé *— Les études préliminaires entreprises par l'All-India Coordinated Research Project for Dryland Agriculture and Agroforestry indiquent que la culture en couloirs convient bien aux régions semi-arides de l'Inde. Bien que les cultures dans des allées correctement espacées enregistrent une baisse de rendement de l'ordre de 25 à 35 %, l'utilisation de* Leucaena *comme fourrage et bois de chauffage permet presque de doubler les recettes brutes par rapport à celles qui sont obtenues par culture unique.* Leucaena *tolère bien la sécheresse, ce qui réduit fortement, dans les régions où la pluviosité est irrégulière, les risques de perte totale des récoltes.*

Introduction

Cet exposé résume les résultats expérimentaux soumis au 11e atelier annuel de l'All-India Coordinated Research Project on Dryland Agriculture (AICRPDA), qui s'est tenu à Hyderabad (Inde) en février 1986. Après l'atelier, les délégués de centres où l'on effectuait des essais de culture en couloirs et d'autres techniques agroforestières se sont réunis pour regrouper leurs données et débattre des futures stratégies de recherche. Nous présentons ici les résultats d'essais effectués dans sept de ces centres (Tableau 1). Les données obtenues lors des essais de l'Institut international de recherches sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT) ne sont pas incluses dans cet exposé, mais il convient de noter que les résultats obtenus par l'ICRISAT concordent avec ceux de l'AICRPDA.

Présentation des sites

Les sites recouvrent une grande variété de zones, du climat aride (Anantapur) au climat subhumide (Bangalore et Akola). La plupart reçoivent moins de 800 mm de pluie par an, 85 % de la pluviosité se produisant pendant la saison des récoltes. Pendant deux mois, les précipitations excèdent l'évapotranspiration potentielle, ce qui permet de qualifier ces régions de semi-arides (Virmani et al. 1980). La pluviosité variant considérablement d'une année à l'autre dans la partie sèche de l'Inde, les données relatives aux récoltes que nous soumettons ici sont

Tableau 1. Pluviosité (mm) et données sur les types de sols des essais de cultures en couloirs dans les stations de l'AICRPDA.

Site	Nombre de mois P > EP[a]	Pluviosité moyenne		Type de sol
		Annuelle	Saison des récoltes	
Anantapur	0	560	495	Alfisol peu profond
Kovilpatti	2	730	474	Chromostert typique
Hyderabad	2	770	545	Alfisol peu profond
Solapur	2	772	541	Vertisol moyen
Rajkot	3	625	475	Vertisol moyen
Bangalore	3	888	613	Haplustalf oxydique
Akola	4	878		Vertisol moyen

Source : TNAU (1983), UAS (1983), MPAU (1984), PKV (1985), APAU (1986).
[a] P, précipitations ; EP, évapotranspiration potentielle.

accompagnées des données pertinentes sur la pluviosité saisonnière. Tous les sites présentent des températures moyennes annuelles supérieures à 18 °C, avec des moyennes maximales de plus de 40 °C d'avril à juin et des moyennes minimales inférieures à 15 °C en décembre et janvier (Virmani et al. 1980).

Nous ne présentons pas de données pédologiques détaillées mais on trouvera énumérés au Tableau 1 les principaux types de sols. Les sols dans lesquels ont été effectués les essais sont des terres rouges (alfisols), des terres noires (entisol ou, plus fréquemment, vertisols). Les terres rouges se caractérisent par une faible capacité de rétention d'eau, un pH presque neutre ou légèrement alcalin, une faible teneur en azote et en phosphore, ainsi qu'une tendance à former une croûte après les averses. Ces terres sont toujours moissonnées pendant la saison des pluies (*kharif*). En revanche, les sols noirs, dont le taux d'infiltration est faible mais qui retiennent bien l'eau, sont moissonnés après la saison des pluies (*rabi*), lorsque l'eau emmagasinée dans le sol permet de faire croître les cultures. Ils présentent une excellente capacité d'échange cationique mais sont souvent pauvres en phosphore et en matières organiques.

Nous avons dû surmonter un certain nombre de difficultés dans la préparation de ce rapport. Tout d'abord, les recherches manquaient d'uniformité. Jusqu'à il y a seulement deux ans, on ne s'efforçait guère de coordonner les essais. Conceptions expérimentales, espacements des allées, cultures et traitements variaient considérablement d'un site à l'autre (Tableau 2). Deuxièmement, peu d'essais incluaient des comparaisons avec les cultures uniques. On ne mettait pas suffisamment l'accent sur l'analyse statistique (la plupart des données sont extraites des rapports annuels de stations, où les moyennes sont énumérées sous forme de tableaux et ne font que rarement ou jamais l'objet d'analyses statistiques). Enfin, on n'utilisait que *Leucaena leucocephala* comme essence arborescente destinée à former les haies. Nous demandons donc au lecteur de bien vouloir oublier le manque d'analyses statistiques pour concentrer son attention sur les tendances que reflètent les données, d'un site à l'autre. Les différences entre les cultures choisies permettent de voir quelles sont les espèces les plus couramment cultivées dans la région. En ce qui concerne l'usage exclusif de *Leucaena*, notons que cet arbre s'est fort bien adapté, une fois établi, à une sécheresse parfois extrême comme celle qui s'est produite après la première saison des pluies. Il semble donc probable que

Tableau 2. Essais de cultures en couloirs : cultures et méthodes expérimentales.

Site	Méthode[a]	Traitements	Cultures
Akola	BRA	3 cultures, ± paillis, allées de 3 et 6 m	Tournesol (*Helianthus annuus*), sorgho (*Sorghum bicolour*), pois cajan (*Cajanus cajan*)
Anantapur	BRA	3 cultures, ± paillis, allées de 2 et 4 m	Arachide (*Arachis hypogea*), pois cajan, millet (*Pennisetum typhoides*)
Bangalore	BRA	2 espèces par allée, 2 régimes de récolte	Millet d'Inde (*Eleusine coracana*)
Hyderabad	BRA	4 cultures, allées de 3, 6, 7 et 8 m, ± paillis	Ricin (*Ricinus communis*), millet, sorgho, pois cajan
Kovilpatti	Parcelle divisée	3 cultures, 2 hauteurs de taille, allées de 3 et 6 m	Sorgho, millet, pois cajan
Rajkot	BRA	3 cultures, 2 configurations d'allées	Haricot mungo (*Phaseolus mungo*), ambérique (*Vigna radiata*), arachide
Solapur	BRA	± paillis, 3 pourcentages d'azote	Sorgho

Source : TNAU (1983), UAS (1983), MPAU (1984), PKV (1985), APAU (1986).
[a] BRA : bloc avec répartition aléatoire.

Leucaena demeurera l'espèce de prédilection des chercheurs, puis des agriculteurs dans les systèmes d'agroforesterie des régions sèches de l'Inde.

Caractéristiques de la culture en couloirs

Lorsque les chercheurs du Central Research Institute for Dryland Agriculture (CRIDA) leur ont demandé quel était le principal obstacle de l'agriculture dans la région de Telangana, Andhra Pradesh, les résidents ont répondu : «le manque d'eau». Venait ensuite la pénurie de fourrage (D. Hocking et D.G. Rao, données inédites). Les agriculteurs des régions sèches de l'Inde sont souvent forcés de vendre leurs boeufs pendant la saison sèche, parfois à 10 % de leur valeur réelle, parce qu'ils n'ont pas de fourrage à leur donner. Il est fréquent que des années de travail soient alors nécessaires pour remonter la pente.

L'absence de fourrage pendant la saison sèche est un problème perpétuel et, selon le sondage du CRIDA, ce serait un sujet de préoccupation beaucoup plus important pour les agriculteurs que la rareté du bois de chauffage. La baisse de fertilité des sols et les effets de l'érosion passent bien avant la rareté du bois de chauffage.

L'Indian Grasslands and Fodder Institute (IGFRI) de Jhansi, Inde, a démontré qu'une production accrue de fourrage était possible. Toutefois, c'est la vulgarisation de ces technologies qui s'est révélée difficile. La culture en couloirs pourrait être un moyen efficace d'intégrer la production de fourrage à l'exploitation agricole. De fait, elle permet à l'agriculteur de produire son propre fourrage sans perturber la marche de ses activités habituelles. En outre, ce système présente d'autres avantages qu'ont souligné les essais de l'AICRPDA. Il fournit du paillis vert pendant la saison pluvieuse et du bois de chauffage de petit diamètre, améliore la fertilité du sol et le protège.

Le modèle de culture en couloirs présenté par l'Institut international d'agriculture tropicale (IIAT) (voir Kang et al., dans ce volume) met l'accent sur l'utilisation des parties ébranchées comme paillis. Comme avantages secondaires, on note la fixation biologique d'azote, la conservation des sols et les autres usages du feuillage ébranché (brout, tuteurs, bois de chauffage). L'objectif principal de la culture en couloirs, tel que démontré par l'IIAT, est de stabiliser les régions où se pratique la culture itinérante.

Dans les régions semi-arides de l'Inde, l'avantage primordial de la culture en couloirs est l'obtention de fourrage. On la considère comme un système plus ou moins permanent, faisant appel à des rangées assez espacées pour que leur effet négatif sur les cultures soit minimisé. Même pendant la saison des pluies, alors que le fourrage frais abonde, les agriculteurs peuvent nourrir leur bétail de brout de bonne qualité en provenance des haies. Sinon, la fabrication d'engrais vert à l'aide du feuillage ébranché ouvre d'intéressantes perspectives. Quoi qu'il en soit, cet ébranchement perpétuel empêche les haies de proliférer de manière à recouvrir toute la surface du sol.

Hauteur des haies

En se fondant sur de nombreuses techniques de production du fourrage en Inde à l'aide de *Leucaena*, on a choisi de tailler les haies à une hauteur de 50–75 cm, dans le cadre de la plupart des essais. À Bangalore, Krishnamurthy et Munegowda (1982) ont affirmé que des intervalles de 40 à 50 jours entre les élagages, effectués à une hauteur de 75 et 150 cm, permettaient de produire près de 50 % de feuillage de plus qu'une coupe à 15 cm. En allongeant les intervalles de coupe, on parvient à rapprocher les différences de rendement entre les haies taillées à 15 cm et celles taillées à 75 cm. Les souches élaguées à 150 cm ont produit plus de feuillage à plus longs intervalles.

Il convient donc de se pencher davantage sur cette question, pour les besoins de la culture en couloirs dans les tropiques semi-arides, notamment lorsque la taille s'effectue près du sol (entre 10 et 20 cm), car cela permettrait peut-être d'atténuer la concurrence entre haies et cultures. En outre, on ignore s'il existe un rapport entre le rendement des diverses cultures et la hauteur à laquelle les haies sont taillées, bien que les données préliminaires obtenues à la station de Kovilpatti (TNAU 1983) tendent à confirmer un tel rapport.

Largeur des allées

Les essais ont porté sur des allées espacées de 2,0 à 7,8 m. Il est utile de comparer les divers rendements obtenus en fonction de l'espacement des allées

Tableau 3. Effets de l'espacement des allées sur le rendement du millet (haies âgées de 2 ans).

Site	Espacement des allées (m)	Pluviosité saisonnière (mm)	Rendement de grain (t/ha)		
			Culture unique	Culture en couloirs	Rapport (%)
Anantapur	2	326	0,24	0,10	40
Kovilpatti	3	396	0,73	0,59	81
Hyderabad	3,6	190	1,31	0,89	68
Anantapur	4	326	0,24	0,18	75
Kovilpatti	6	396	0,73	0,65	89
Hyderabad	7,8	190	1,31	1,22	93

Source : TNAU (1983) ; APAU (1986) ; G.R. Korwar et D. Hocking (données inédites).

Tableau 4. Effets de l'âge des haies sur le rendement du millet à chandelle, Hyderabad, Inde.

Âge des haies (années)	Largeur des allées (m)	Pluviosité saisonnière (mm)	Rendement de grain(t/ha)		Rapport couloirs/ unique (%)
			Couloirs	Unique	
1	3,6	549	1,22	1,47	83
	7,8		1,24		84
2	3,6	190	0,89	1,31	68
	7,8		1,22		93
3	3,6	717	1,35	2,60	52
	7,8		1,54		59
4	3,6	209	0,47	1,54	31
	7,8		0,97		63
5	3,6	145	0,53	2,05	26
	7,8		1,36		66

Source: G.R. Korwar et D. Hocking (données inédites).

(Tableau 3). Après 2 ans, le rapport entre les récoltes d'une parcelle de millet à chandelle cultivé en couloirs et celles d'une parcelle cultivée de façon traditionnelle décroissait systématiquement au fur et à mesure que l'on rétrécissait l'allée. Cette tendance semble plus ou moins indépendante de la pluviosité bien que les pluies de Kovilpatti se soient révélées suffisantes pour neutraliser la concurrence des jeunes haies, même espacées de 3 m. Il conviendrait de continuer à surveiller les effets de l'espacement des allées pour déterminer si cette tendance se poursuit.

On a démontré que des allées de 3 à 4 m de largeur rendaient difficile la culture. Un essai du CRIDA (Hyderabad) qui a porté sur 5 ans permet d'effectuer une comparaison annuelle de la concurrence entre les haies de *Leucaena* et les cultures plantées dans les allées (Tableau 4). Au cours de la première année, le millet à chandelle cultivé dans des allées de 3,6 m de largeur a produit 83 % du rendement d'une parcelle de millet cultivée de façon traditionnelle. Dès la cinquième année, toutefois, ce rapport avait décru jusqu'à 26 %, témoignant d'une tendance presque linéaire. Le rendement des allées plus larges (7,8 m) est également passé de 93 % des parcelles à culture unique au cours de la deuxième année à 60–65 % pendant les 3 à 5 dernières années de l'essai. Au cours d'essais effectués par l'ICRISAT sur deux ans, le rendement de sorgho a baissé jusqu'à 45 % lorsqu'on le plantait avec

une culture intercalaire de pois cajan, entre des haies de *Leucaena* d'une largeur de 4,65 m (M.R. Rao, communication personnelle).

L'apparente stabilité des réseaux d'allées largement espacées semble prometteuse, à partir de la deuxième année. Cependant, il faudra compiler des données pendant quelques autres années pour savoir si les effets de la concurrence se sont indubitablement stabilisés. Cette tendance généralisée de l'accroissement de la concurrence entre haies et cultures a été notée dans tous les essais. Certaines cultures ont été plus touchées par les haies de *Leucaena* que d'autres.

Ces exemples démontrent clairement que le choix de la largeur de l'allée est beaucoup plus important dans les régions semi-arides que dans les zones subhumides. Il faudrait même envisager des largeurs supérieures (15 à 20 m, par exemple) et déterminer leurs effets sur le rendement des cultures. On prévoit que les agriculteurs n'accepteront pas les fortes baisses de leur rendement de chaume et de céréales qu'entraîne la culture en couloirs, en dépit de la compensation que représente le feuillage taillé des haies.

Paillage

Dans les tropiques humides, l'un des principaux objectifs de la culture en couloirs est la production d'engrais vert. Mais les données obtenues à la suite des essais entrepris dans les régions semi-arides sont quelque peu contradictoires. Au cours d'un essai de 3 ans à Solapur, le paillage de parcelles de sorgho, cultivées en couloirs ou non, a accru sensiblement leur rendement, par rapport aux parcelles qui n'avaient pas reçu de paillis. Parmi les autres avantages de l'engrais vert, on compte l'enrichissement du sol en azote, l'accroissement de la teneur en azote et en phosphore du millet et l'utilisation plus efficace de l'humidité par les cultures (MPAU 1984). Curieusement, on n'a remarqué aucune différence de rendement entre le sorgho cultivé en couloirs et le sorgho cultivé traditionnellement, avec ou sans paillage (Fig. 1).

À Solapur, les données d'autres années ont révélé des tendances semblables mais moins bien définies. Dans l'ensemble, on a noté un accroissement de 15 à 30 % du rendement par rapport à la parcelle témoin au cours des années 1 et 2, après épandage d'un paillis de *Leucaena*.

Sur les autres sites, les résultats ont été contradictoires. Au cours d'un essai effectué à Bangalore, le feuillage élagué de *Leucaena* a fait diminuer le rendement en grain et en paille de parcelles de millet sur lesquelles on avait épandu un paillis pendant deux années consécutives (Tableau 5). Bien que ces baisses de rendement soient sans doute modestes, il n'en demeure pas moins que le paillage n'a pas accru la productivité des cultures.

Une étude menée par G. R. Korwar et D. Hocking (données inédites) a porté sur quatre cultures établies dans des allées de 3,6 m et 7,8 m de largeur, avec et sans paillis. Le feuillage élagué de *Leucaena* a été épandu sur les cultures pendant la saison des récoltes puis retiré pour servir de fourrage hors saison. Pendant la saison des récoltes de 1984 (année 4 de l'étude), l'allée de 7,8 m s'est montrée moins affectée par la concurrence des arbustes que l'allée de 3,6 m (Tableau 6).

En plus des divergences extrêmes que l'on note entre les réactions des diverses récoltes après la culture en couloirs par rapport après la culture unique, les données

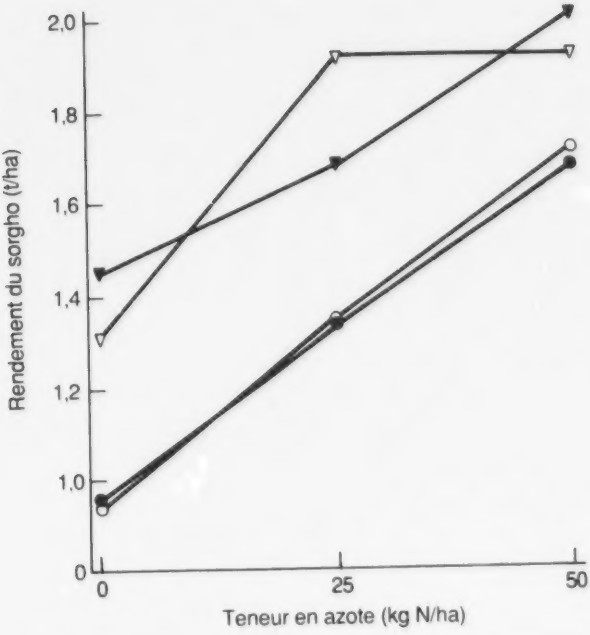

Fig. 1. Effets du paillis de *Leucaena* sur la teneur en azote et le rendement en sorgho d'une parcelle cultivée en couloirs pendant 3 ans : ▽, culture unique + paillis; ▼, culture en couloirs + paillis: ○, culture unique (sans paillis); ●, culture en couloirs (sans paillis) (Source : MPAU 1983).

démontrent également une absence de réponse au paillage. Aucune culture n'a enregistré une augmentation claire et nette du rendement à la suite du paillage des allées, en dépit de l'épandage d'une moyenne de 4 t/ha de feuillage vert de *Leucaena* (ce qui correspond à 40 kg d'azote environ). Les données relatives à la cinquième année des essais font état d'une légère augmentation du rendement des parcelles de sorgho avec paillis. Toutefois, la différence entre les parcelles qui ont reçu du paillis et les parcelles uniquement plantées de sorgho n'est pas notable.

Tableau 5. Effets du paillage sur le rendement (t/ha) du millet d'Inde cultivé en couloirs à Bangalore, Inde, 1982–1983.

Traitement	1982		1983	
	Grain	Paille	Grain	Paille
Culture en couloirs + paillage	1,80	1,28	2,21	3,14
Pas de paillage	2,15	1,41	2,50	2,51
Culture unique	2,47	1,75	3,97	5,19
Pluviosité saisonnière (mm)	440		429	

Note : Allées, 6 m ; hauteur de taille, 1,5 m. Les rendements ont été calculés de manière à exclure la surface occupée par les allées.

Source : UAS (1983).

Tableau 6. Effets du paillage sur le rendement des récoltes d'Hyderabad, Inde, 1984.

Récolte et traitement	Rendement de grain (t/ha)	Rendement de feuilles séchées de *Leucaena*[a] (t/ha)	Pluviosité saisonnière (mm)
Ricin			
Culture unique	0,64	—	329
Culture en couloirs, paillis	0,39	0,75	
Culture en couloirs, sans paillis	0,39	1,93[b]	
Millet à chandelle			
Culture unique	1,54	—	209
Culture en couloirs, paillis	0,96	0,80	
Culture en couloirs, sans paillis	0,97	1,85[b]	
Sorghum			
Culture unique	1,08	—	209
Culture en couloirs, paillis	0,71	0,64	
Culture en couloirs, sans paillis	0,67	1,02[b]	
Pois cajan			
Culture unique	0,58	—	329
Culture en couloirs, paillis	0,34	0,81	
Culture en couloirs, sans paillis	0,29	2,09[b]	

Note : Largeur des allées, 7,8 m.
Source : G.R. Korwar et D. Hocking (données inédites).
[a] Le paillis à base de *Leucaena* provient de feuillage récolté hors saison.
[b] Haies non élaguées.

Ces divergences de réaction à l'épandage d'engrais vert empêche l'AICRPDA de formuler des recommandations définitives. Pour l'instant, le paillage continue d'être un élément des essais et les quelques sites qui n'ont pas été traités au paillis en recevront l'an prochain.

Un engrais vert de la qualité de *Leucaena* est précieux dans les régions rurales et urbaines de l'Inde. C'est pourquoi, il est peu probable que l'utilisation du feuillage des haies de *Leucaena* comme engrais vert s'étendra aux exploitations agricoles, à moins qu'elle n'aboutisse à une augmentation sans équivoque des rendements.

Taux d'utilisation des terres

On ne connaît que les taux d'utilisation des terres (TUT) de deux sites : Anantapur et Akola (Tableau 7). Les autres sites n'ont pas ajouté de parcelle uniquement plantée de *Leucaena* pour comparer les rendements. Cinq cultures sont comparées avec quatre largeurs d'allées. Les données sont plutôt récentes (Akola : 1 an; Anantapur : 2 ans) et devront donc être vérifiées au cours des années suivantes. Dans le cas de toutes les récoltes, à l'exception du pois cajan, les TUT sont supérieurs à 1. À l'ICRISAT, les essais de culture en couloirs qui comportent la culture intercalaire de sorgho et de pois cajan entre des haies de *Leucaena* n'ont aucun avantage par rapport à la culture unique dans des allées de 2 ans (M.R. Rao, communication personnelle). Par conséquent, on ne note aucune tendance précise à

Tableau 7. Taux d'utilisation des terres (TUT) dans une parcelle cultivée en couloirs.

Culture	Site	Pluviosité saisonnière (mm)	Allées		TUT
			Largeur (m)	Âge (années)	
Millet	Anantapur	326	2	2	1,07
			4	2	1,22
Sorgho	Akola	671	3	1	1,14
			6	1	1,00
Arachide	Anantapur	326	2	2	1,12
			4	2	1,03
Pois cajan	Anantapur	326	2	2	0,83
			4	2	0,95
Tournesol	Akola	671	3	1	1,08
			6	1	1,17

Source : PKV (1985), APAU (1986).

la suite des quelques essais qui ont permis de calculer les TUT. Mais il est possible que cela change au fur et à mesure que les essais progressent.

Autres méthodes de gestion

L'un des avantages incontestables de la culture en couloirs par rapport à la culture unique est sa souplesse. L'une des propositions du CRIDA (Hyderabad) porte sur la création de haies de *Leucaena* à intervalles de 5 m en bordure d'une parcelle légèrement en pente de l'exploitation de Gunegal. Les haies ont été ébranchées normalement, mais on a laissé un plant de *Leucaena* pousser tous les 2 m le long de la haie. Cela tient à la profusion de scieries dans la région d'Hyderabad, où les poteaux d'eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*) et de casuarina (*Casuarina equisitifolia*) sont vendus à raison de 60 roupies indiennes pour une tige de 10 cm × 6 m (en décembre 1988, 15 roupies valaient 1 dollar US).

Le Tableau 8 montre les effets de cette disposition sur la croissance des cultures. Lorsqu'on la compare avec la culture unique, la diminution du rendement de la culture en couloirs a été plus importante en 1985 qu'en 1984 en raison d'une baisse de la pluviosité et de la mauvaise distribution des averses. Les haies, cependant, ont produit plus d'engrais vert en 1985 (4,01 t/ha) qu'en 1984 (2,74 t/ha).

La réduction du rendement des céréales en 1984 a été jugée normale par rapport au rendement d'autres parcelles cultivées en couloirs dans l'exploitation d'Hayatnagar du CRIDA. C'est la diminution du rendement de 1985 qui s'est révélée la plus forte sur tous les sites. Il est probable que la présence de *Leucaena* a gravement freiné la croissance des cultures en 1985, en raison de la concurrence pour l'eau. Par conséquent, les résultats de l'expérience suggèrent qu'il n'est pas judicieux de laisser *Leucaena* proliférer de manière incontrôlée dans des champs cultivés, notamment dans les régions où les probabilités d'absence de la mousson sont élevées et où les sols n'ont pas une bonne capacité de rétention de l'eau.

Tableau 8. Rendement de grain des cultures plantées dans des allées de 5 m, avec des arbres de *Leucaena* tous les 2 m.

Culture	Année*	Rendement de grain (t/ha)		Diminution de rendement (%)
		Culture unique	Culture en couloirs	
Millet	1984	1,92	1,35	30
	1985	3,68	0,77	79
Sorgho	1984	1,98	1,34	32
	1985	3,19	0,84	74
Ambérique	1984	0,56	0,43	24
	1985	0,92	0,27	71
Niébé	1984	0,84	0,45	46
	1985	1,46	0,30	80
Ricin	1984	0,83	0,47	44
	1985	0,72	0,06	92
Arachide	1984	1,80	0,88	51
	1985	0	0	—

Source : R.P. Singh (données inédites).
* Pluviosité de la saison des récoltes : 1984, 431 mm ; 1985, 375 mm.

Les poteaux de *Leucaena* peuvent être une intéressante source de revenu pour un petit agriculteur et l'on peut neutraliser les effets négatifs de la concurrence entre espèces en élaguant l'étage arboré ou, mieux encore, en étêtant les arbres (à 2–4 m au-dessus du sol). Au cours d'une expérience connexe du CRIDA (Tableau 9), les arbres de *Leucaena* ont été plantés à intervalles de 2 m, en bordure, les rangées étant également séparées de 2 m. Lorsque les arbres ont eu 4 ans, ils avaient atteint une hauteur de 8 m. On a alors procédé à quatre traitements différents — pas d'ébranchage, ébranchage léger (enlèvement de 33 % du couvert végétal), ébranchage important (66 % du couvert), étêtage à 2 m. Sous les arbres, on a planté du sorgho.

Les traitements ont nui considérablement au rendement des grains de sorgho. L'ébranchage a seulement permis un rendement de 5 %. Lorsque les arbres sont demeurés intacts, le sorgho n'a pas produit de grain. Il est évident que le feuillage a absorbé toute l'humidité du sol, aux dépens des cultures. Mais les parcelles où les arbres avaient été étêtés ont enregistré un meilleur rendement : 45 % de grain et 69 % de chaume, par rapport aux parcelles à culture unique. Le dernier traitement a également permis de produire presque deux fois plus de fourrage de *Leucaena* que les autres. En termes de biomasse totale, après étêtage des *Leucaena*, le sorgho s'est révélé plus productif de 29 % que le sorgho cultivé seul et 47 % plus productif que *Leucaena* seul. Le TUT calculé après le dernier traitement était de 1,35.

Par conséquent, un élagage important de *Leucaena* semble indispensable pour favoriser les cultures dans une parcelle en couloirs. Les agriculteurs qui, lors de l'entretien ordinaire, procèdent à deux désherbages, pourraient juger utile d'empêcher la haie de dépasser 10 cm pendant la saison des récoltes, grâce à de fréquents élagages. Les dépenses engendrées par cet élagage pourraient être

Tableau 9. Rendement (t/ha) d'une culture agroforestière de sorgho et de *Leucaena*, Hyderabad, Inde.

Méthode d'exploitation	*Leucaena* (séché)[a]			Sorgho[b]		Biomasse totale	TUT[c]
	F	B	Cr	G	Ch		
Leucaena seulement[d]							
Non ébranché	—	—	4,5	—	—	4,5	—
Légèrement ébranché	1,2	0,3	3,5	—	—	5,0	—
Très ébranché	1,4	0,3	3,1	—	—	4,7	—
Étêté	2,3	5,2	1,9	—	—	9,3	—
Sole sorghum	—	—	—	2,9	5,7	8,5	—
Leucaena + sorgho							
Non ébranché	—	—	3,6	0,0	0,8	4,3	0,9
Légèrement ébranché	1,5	0,3	2,6	0,1	1,6	6,1	1,1
Très ébranché	1,4	0,3	2,4	0,3	1,7	6,0	1,1
Étêté	1,2	3,8	1,8	1,3	3,9	12,1	1,4

Source : D.G. Rao et D. Hocking (données inédites).

[a] F : fourrage ; B : bois ; Cr : croissance du bois sur pied.

[b] G : grain ; Ch : chaume.

[c] Taux d'utilisation des terres.

[d] *Leucaena* a été planté selon une configuration de 2 m x 8 m. Les arbres ont 4 ans ; la pluviosité saisonnière est de 144 mm.

intégrées à celles du désherbage. À une baisse inévitable du rendement de fourrage correspondra une augmentation du rendement des cultures. Les essais de culture en couloirs du AICRPDA porteront sur une hauteur de haies de 10 cm en 1986.

Complémentarité des cultures

Les tableaux 4 à 8 montrent que le rendement des cultures est modifié par la présence de haies de *Leucaena*. Il est possible d'atténuer ce phénomène en élaguant fréquemment les haies, en les taillant plus bas et en les espaçant davantage.

Les données révèlent aussi que le choix des cultures est important pour que les résultats des cultures en couloirs soient positifs dans les régions semi-arides. Beaucoup de cultures ne sont pas compatibles avec *Leucaena*. D'autres entrent avec succès en concurrence avec les haies pour se procurer l'humidité et les éléments nutritifs du sol.

De toutes les cultures testées par l'AICRPDA, le millet à chandelle et le sorgho se sont révélés les plus fructueuses, notamment lorsque les allées étaient assez larges pour que la culture puisse s'établir. Dans le cas du sorgho, les rapports avec la culture en couloirs à culture unique se sont situés entre 52 et 98 % (moyenne : 77 %) dans les allées les plus larges et pour huit des neuf années-parcelles évaluées. Seul, un centre (Hyderabad) a enregistré une valeur inférieure, soit 40 %, pour l'année 1985, particulièrement sèche.

Le millet à chandelle, bien que n'ayant pas fait l'objet d'autant d'essais que le sorgho, a obtenu des résultats comparables. Les rapports avec la culture en couloirs à culture unique se sont situés entre 59 et 93 % dans les allées larges (moyenne : 76 %; $n = 7$ années-parcelle). Aucun centre n'a enregistré de rapports inférieurs à

59 %, ce qui suggère que le millet à chandelle est légèrement plus stable que le sorgho lorsqu'il est cultivé en couloirs.

Le succès du millet à chandelle et du sorgho est probablement dû à leur réseau racinaire peu profond (< 60 cm) et très dynamique. Ils font une concurrence fructueuse aux haies de *Leucaena*, tout en permettant aux arbres d'absorber l'eau du sol qui s'est infiltrée plus bas que le système racinaire des céréales. Cette théorie est actuellement mise à l'essai dans le cadre d'études sur l'humidité du sol effectuées par le CRIDA et l'ICRISAT.

Les cultures d'oléagineux tels que le ricin, le tournesol, le carthame et l'arachide ont une tolérance moyenne au système de culture en couloirs. On a relevé des rapports culture en couloirs/culture unique de 61 à 88 % pour le ricin au centre d'Hyderabad. Toutefois, ces chiffres ne tiennent pas compte des rendements de 1985, l'année de sécheresse. Le ricin a beaucoup souffert de la sécheresse et de la concurrence que lui ont faites les haies de *Leucaena* à Hyderabad pendant la saison 1985. On a enregistré des résultats comparables après des essais effectués à proximité par l'ICRISAT, dont les plants de tournesol ont également souffert de la sécheresse de 1985 (M.R. Rao, communication personnelle).

Mais c'est le pois cajan qui s'est le plus mal comporté, certains centres ayant déclaré que la récolte était totalement nulle. Cela est probablement dû à la profondeur du réseau racinaire du pois cajan qui, semble-t-il, est incapable de dominer les racines latérales des haies de *Leucaena* assez rapidement pour profiter à son tour de l'humidité du sol.

Les légumineuses telles que le niébé, l'ambérique et le haricot mungo ont fait l'objet de divers essais. L'absence de données à cet égard ne nous permet pas de formuler de recommandation précise. Il convient donc de poursuivre les recherches.

Avantages de la culture en couloirs

La culture en couloirs est déjà proposée aux agriculteurs de plusieurs bassins hydrographiques modèles dans le cadre du programme indien de mise en valeur des petits bassins hydrographiques entamé en 1982 par l'Indian Council of Agriculture Research (Conseil de la recherche agricole de l'Inde). Pour que la culture en couloirs se répande, il faudra toutefois attendre que sa production se stabilise et, en fin de compte, qu'elle soit rentable.

Diversification des espèces

L'un des arguments les plus puissants en faveur de la culture en couloirs est sa capacité de produire des matériaux utilisables même pendant une grave sécheresse. Ce qui s'est produit à Rajkot, en 1985, montre comment ce système permet de contrebalancer les répercussions de la perte des récoltes dans les régions où la pluviosité est incertaine. Dans cette région, la pluviosité a été inférieure de 30 % à la normale, anéantissant les récoltes de grains de trois légumineuses. Dans les parcelles à culture unique, la production s'est limitée à 0,5–1,7 t/ha de chaume vert utilisable comme fourrage. Dans les parcelles cultivées en couloirs, toutefois, les haies de *Leucaena* ont fourni plus de 5 t/ha de fourrage vert (Tableau 10).

Tableau 10. Diminution des risques au cours des années de très faible pluviosité grâce à la culture en couloirs à la station expérimentale de Rajkot.

Traitement	Fourrage (frais) de *Leucaena* (t/ha)	Rendement des cultures (t/ha)	
		Grain	Chaume
Culture unique			
Leucaena[a]	5,75	—	—
Arachide	—	0	1,67
Ambérique	—	0	0,68
Mungo	—	0	0,47
Culture en couloirs			
Arachide	5,24	0	1,26
Ambérique	5,56	0	0,25
Mungo	6,03	0	0,22

Note : Pluviosité de 177 mm (120 mm pendant la saison des récoltes) ; moyenne de 625 mm.

[a] Rangées de 1,5 m.

Cette capacité de production même pendant les années les plus difficiles, s'est également remarquée au centre d'Anantapur, où la pluviosité de la saison des récoltes s'est limitée à 144 mm en 1984 (la normale étant de 495 mm). Toutes les récoltes (arachide, pois cajan, sorgho) ont été perdues. Même la production de chaume a gravement souffert. En revanche, les haies de *Leucaena* ont fourni 2 t/ha de feuilles séchées (B. Sreenivas, communication personnelle).

Par conséquent, si elles sont correctement établies, les haies de *Leucaena* peuvent atténuer les risques dont est perpétuellement tributaire la petite agriculture indienne. L'agriculteur doit nourrir son bétail toute l'année (saison sèche et saison des cultures) et *Leucaena* le lui permet, sans effets négatifs sur le rendement des cultures.

Avantages économiques

Avant de définir les avantages économiques d'un système de culture en couloirs reposant sur des haies de *Leucaena*, il convient d'estimer la valeur marchande de ses produits. En Inde, il n'existe pas de marché établi pour le bois ou le fourrage produits par *Leucaena*. En revanche, il en existe pour des produits comparables : poteaux d'eucalyptus et de casuarina, bois de chauffage d'acacia d'Égypte (*Acacia nilotica*), chanvre indien (*Crotolaria juncea*), sommités d'arachide et autres fourrages. Il est donc probable que le marché des produits de *Leucaena* se développera un jour. Les prix de ces marchandises permettent d'estimer la valeur marchande des produits de *Leucaena* en fonction de leur utilisation finale, notamment en tant que bois de chauffage et fourrage.

Les valeurs marchandes de *Leucaena* sont tirées d'une étude des prix des produits de base effectuée par le CRIDA à Andhra Pradesh (voir Annexe). Le prix du fourrage de *Leucaena* pendant la saison des récoltes (250 roupies indiennes/t) est fondé sur le prix de l'herbe fraîche (100 roupies/t) et du chanvre indien vert (300 roupies/t). Hors saison, le feuillage frais de *Leucaena* vaudrait évidemment plus cher (500 roupies/t). La valeur du tourteau de *Leucaena* serait légèrement inférieure à celle de la galette d'arachide pendant la saison sèche (2 000 roupies/t)

Tableau 11. Analyse économique de la culture en couloirs.

Culture	Rendement des cultures (t/ha)		Rendement de *Leucaena* (t/ha)					Recettes (roupies × 10^3/ha)[a]		
			Fourrage		Bois de chauffage					
	Grain	Chaume	Saison	Hors-saison	Tiges	Souches	Semences	Culture	*Leucaena*	Total
Culture en couloirs										
Sorgho	1,09	3,9	7,2	3,1	6,5	3,3	0,4	2,34–5,66	7,48	9,82–13,14
Pois cajan	0,13	0,3	10,7	5,2	10,7	0,3	0,9	1,72	10,36	12,08
Culture unique										
Sorgho	1,55	5,1	0	0	0	0	0	3,25–7,20	0	3,25–7,20
Pois cajan	0,43	0,4	0	0	0	0	0	1,80	0	1,80
ET	0,04	0,4	0,8	0,9	0,9	0,2	0,03			

Note : Pluviosité saisonnière de 430 mm.
Source : TNAU (1984).
[a] En décembre 1988, 15 roupies indiennes valaient 1 dollar américain.

et, pendant la saison des récoltes, presque équivalente au prix du chanvre indien séché (1 000 roupies/t). Compte tenu de la grande qualité du fourrage de *Leucaena*, les prix mentionnés ici sont plutôt modestes.

On a estimé la valeur du bois de *Leucaena* à 300 roupies/t pour les branches et à 400 roupies pour les souches d'arbres cultivés en couloirs, en se fondant sur les prix de produits comparables. Les semences pour propagation se vendent actuellement à 20–50 roupies/kg, en fonction de leur origine. Cependant, on a estimé que les produits de *Leucaena* utilisés dans le commerce pour faire de la gomme et des huiles se vendraient à 2 roupies/kg. Ce genre de marché n'existe pas encore mais les recherches en ce sens se poursuivent dans de nombreux centres.

Les données de production des parcelles en couloirs ont été extraites des rapports de la station de Kovilpatti (Tableau 11). Les essais y ont duré 3 ans avant que l'on procède à la récolte. Les souches de *Leucaena* ont été taillées et pesées. Les estimations s'étendent sur une période de 3 ans. On a remplacé la gamme des prix par les chiffres de production des graines et du chaume de sorgho et de pois cajan ainsi que du fourrage, du bois et des semences de *Leucaena*.

Les recettes brutes engendrées par la culture en couloirs sont plus élevées, dans tous les cas. Le sorgho ainsi cultivé a engendré des recettes presque deux fois supérieures à celles qui sont tirées du sorgho en culture unique. Quant au pois cajan, la culture en couloirs engendre des recettes sept fois plus élevées que la culture unique. Cet écart est dû à la valeur des produits de *Leucaena* dont une grande partie est engendrée par sa vente comme fourrage. Cette utilisation de *Leucaena* paraît être beaucoup plus rentable que le paillage.

Il est évident que ces chiffres reposent sur les valeurs calculées de *Leucaena*. Néanmoins, ils sont réalistes, surtout lorsqu'on considère avec quelle rapidité *Leucaena* est accepté par les agriculteurs indiens. Les coûts qui, selon toute apparence, seront plus élevés, doivent être incorporés à ce système. C'est ce que l'on fera bientôt, à l'aide du programme informatique du CIRAF (Hoekstra 1984).

Références

APAU (Andhra Pradesh Agricultural University). 1986. Annual report of the All-India Coordinated Research Project for Dryland Agriculture (ICAR). Anantapur Agricultural Research Station, Andhra Pradesh Agricultural University, Hyderabad, Inde, 17–20.

Hoekstra, D.A. 1984. An economic analysis of a simulated alley cropping system for semi-arid conditions using micro-computers. Agroforestry Systems, 1(4), 335–345.

Krishnamurthy, K., Munegowda, M.K. 1982. Effect of cutting and frequency regimes on the herbage yield of *Leucaena*. *Leucaena* Research Reports, 3, 31–32.

MPAU (Mahatma Phule Agricultural University). 1983. Annual report, Rabi 1982-83. All-India Coordinated Research Project for Dryland Agriculture, Main Centre, Solapur. Mahatma Phule Agricultural University, Ahmednagar, Inde, 35–38.

1984. Annual Report, Rabi and Kharif 1983–84. All-India Coordinated Research Project for Dryland Agriculture, Main Centre, Solapur. Mahatma Phule Agricultural University, Ahmednagar, Inde, 52–58.

PKV (Punjabrao Krishi Vidyapeeth). 1985. Annual report of the All-India Coordinated

Research Project for Dryland Agriculture, Punjabrao Krishi Vidyapeeth, Akola, Inde, 34–36.

TNAU (Tamil Nadu Agricultural University). 1983. Annual progress report of the All-India Coordinated Research Project on Dryland Agriculture for North-East Monsoon, 1982–83. Kovilpatti Experiment Station, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, Inde, 57–59.

_____ 1984. Annual progress report of the All-India Coordinated Research Project on Dryland Agriculture for North-East Monsoon 1983–84. Kovilpatti Experiment Station, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, Inde, 57–59.

UAS (University of Agricultural Sciences). 1983. Annual report of the All-India Coordinated Research Project on Dryland Agriculture 1982–83. University of Agricultural Sciences, GKVK Campus, Bangalore, Inde, 32–33.

Virmani, S.M., Sivakumar, M.V.K., Reddy, S.J. 1980. Climatic classification of semi-arid tropics in relation to farming systems research. *In* Climatic classification: a consultants' meeting, 14–16 March 1980. Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides, Hyderabad, Inde.

Annexe. Prix (roupies/kg)[a] des produits agricoles à Andhra Pradesh, 1985.

Sorgho
Céréale : saison des récoltes, 1,20–2,25; hors saison, 1,60–2,75
Chaume : saison des récoltes, 0,25–0,50; hors saison, 0,40–0,87

Pois cajan
Céréale : 4,00
Chaume : 1,60

Fourrages
Herbe (fraîche) : 0,10
Chanvre indien : 1,25
Son de riz : 2,30
Son de blé : 1,60
Galette d'arachide : 2,50
Galette de graine de coton : 1,50
Sommités d'arachide (sèches) : 1,37
Spathes et brisures de cajan : 1,80

Bois de chauffage
Prix à la production, essences favorites : 0,40
Prosopis : 0,37–0,43

Produits de *Leucaena*[b]
Fourrage : saison des récoltes, 0,25 (frais), 1,00 (séché); hors saison, 0,50 (frais), 2,00 (séché)
Bois de chauffage : branches, 0,30; souches, 0,40
Semences : propagation, 20–50; commerciales, 2

Source : D. Hocking et K.P.C. Rao (données inédites).
[a] En décembre 1988, 15 roupies indiennes valaient 1 dollar américain.
[b] Valeurs calculées.

Culture en couloirs dans des conditions semi-arides au Kenya

F.K. Arap-Sang

Kenya Agricultural Research Institute, Box 74, Kikuyu, Kenya

Résumé *— Le projet «Recherche agroforestière en région sèche» a été conçu afin de tester plusieurs interventions agroforestières visant à lever les contraintes qui sont apparues récemment dans les régions semi-arides du Kenya sous l'effet de la pression démographique. Ces contraintes ont été identifiées à la suite de la mise en oeuvre de la méthodologie de diagnostic et de conception du Conseil international de la recherche en agroforesterie (CIRAF), dans le cadre d'une région typiquement semi-aride de l'est du Kenya. La culture en couloirs est l'une des technologies d'intervention conçues afin de lever ces contraintes. Cette étude présente des expériences de cultures en couloirs qui ont été menées en station et en ferme. Les essais en sont toujours à leur début et il est trop tôt pour se prononcer au sujet du succès éventuel de la culture en couloirs dans les régions semi-arides du Kenya.*

Introduction

Au Kenya, la croissance démographique rapide (environ 3,8–4,0 % annuellement), la faiblesse relative de la superficie des terres arables, et la rareté des possibilités d'emploi dans les secteurs de l'industrie et des services ont provoqué un accroissement du nombre des petits propriétaires pratiquant l'agriculture et l'élevage sur les terres marginales, semi-arides du Kenya. Cette tendance devrait se poursuivre selon toute vraisemblance jusqu'au XXI^{e} siècle.

La colonisation et l'exploitation accrues de ces terres semi-arides permettent à de petits agriculteurs de subsister; cependant, les résultats sont mitigés. Les sols, particulièrement ceux des pentes les plus abruptes, sont sujets à une grave érosion. Une grande partie de ces terres de pâturage a été surexploitée pour le bétail et, dans certaines régions, la couverture du sol a subi de graves dommages. Aussi la pluviosité dans la zone semi-aride est-elle faible (600–800 mm) et sujette à de très fortes variations.

Ces facteurs, combinés avec des méthodes traditionnelles de culture et d'élevage, expliquent le bas niveau de vie de nombreux ruraux de ces régions. En cas de pluies insuffisantes, le gouvernement du Kenya est amené à affecter une partie de ses faibles ressources à soulager la famine des régions les plus gravement

touchées. Par ailleurs, l'épuisement des ressources naturelles qui en résulte (y compris les ressources forestières) n'augure rien de bon pour les générations à venir qui seront appelées à vivre sur ces terres marginales.

Selon les résultats d'une étude de préinvestissement menée en 1977 et 1978 qui a permis de recenser les terres marginales semi-arides du Kenya, il faudrait réaliser de grands investissements dans la conservation du sol, la technologie agricole et l'infrastructure pour renverser la tendance à la détérioration rapide de la qualité de la vie et de l'état de l'environnement physique dans les régions semi-arides.

Plusieurs institutions sont mobilisées actuellement pour atteindre ce but. La Katumani Research Station, en collaboration avec l'Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO), le Kenya Agricultural Research Institute (KARI), et la United States Agency for International Development (USAID), s'efforcent de déterminer des systèmes agricoles appropriés pour les régions semi-arides; le Fonds européen de développement parraine également un programme de développement intégré dans le district de Machakos. Les recherches se sont concentrées jusqu'à présent sur des systèmes concernant uniquement l'agriculture et l'élevage, bien que chacune de ces institutions ait reconnu de façon bien claire le rôle que peuvent jouer les arbres. Dans un tel contexte, un projet de recherche agroforestier devient une contribution utile et importante au développement global des terres semi-arides. On a choisi le district de Machakos pour y mener pendant 4 ans un projet-pilote agroforestier en région sèche, financé par le Centre de recherches pour le développement international (CRDI). Le projet a démarré en septembre 1983.

La région cible

La zone de captation des eaux de Kakuyuni est située dans le district de Machakos sur le Plateau Yatta; elle appartient à la zone agroclimatique 5 (Sombroek and Siderius 1982), une région semi-aride de un million ha environ (69 % de la superficie du district), et est peuplée de 465 000 personnes (43 % de la population du district, recensement de 1979). On considère que Kakuyuni est représentatif des régions de la zone 5 à population plus dense, où les agriculteurs dépendent davantage de l'agriculture que du pâturage (Fig. 1).

Terrain et sols

La zone de captation est située à 1 200 m environ au-dessus du niveau de la mer et la pente du terrain varie de faible à modérée. Les sols de la zone de captation sont en argile friable, rouge foncé, de peu profond à profond, bien drainés, et rocailleux en bien des endroits (Ferrasols Nito Rhodiques et Cambisols Nito Chromiques, y compris les phases caractérisées par des pierres et des blocs). Dans certaines cuvettes, on peut trouver une argile craquelée, légèrement calcaire, ferme, de couleur brun grisâtre foncé à noir, mal drainée, avec un sous-sol plus profond salin et sodique (Vertisols pelliques) et une phase partiellement saline–sodique (avec des Gleysols eutriques ou vertiques) (Sombroek et Siderius 1982).

L'association de Ferralsol–Cambisol dans le sol, y compris les phases rocheuses, se caractérise par un bas niveau de fertilité qui est inévitable dès que la teneur en matière organique se trouve diminuée par suite de l'érosion de la terre arable; ce sol

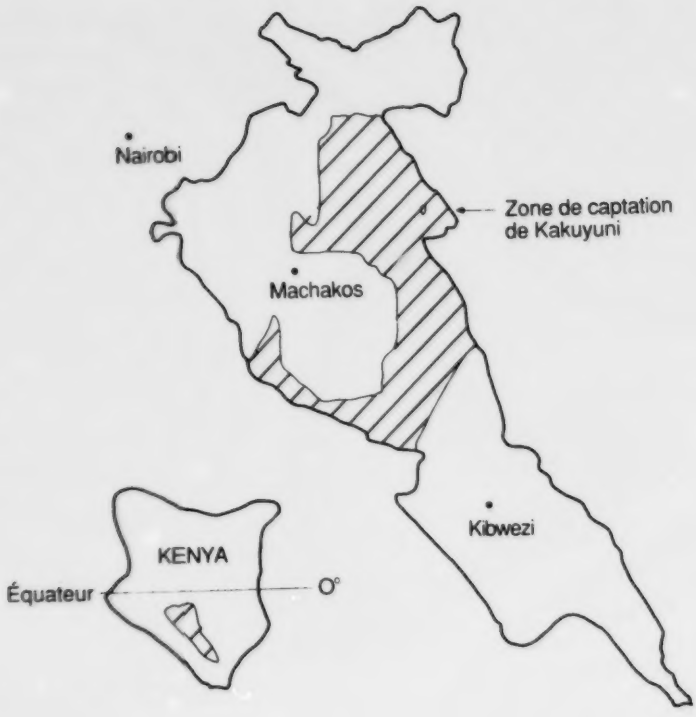

Fig. 1. Emplacement du site de la recherche et domaine faisant l'objet des recommandations dans le district de Machakos, Kenya.

se caractérise également par une faible capacité de rétention des éléments nutritifs ajoutés. Il est donc particulièrement important de maintenir ou de relever sa teneur en matière organique.

Les vertisols de couleur foncée que l'on trouve dans les cuvettes mal drainées se prêtent mal à la culture car ils sont gluants et glaiseux lorsqu'ils sont humides, et durs lorsqu'ils sont secs. Un drainage inadéquat entravent également la plupart des cultures, exception faite du riz.

Climat

Dans la région de Kakuyuni, les conditions optimales en ce qui concerne l'eau (*Et*), ne sont, en moyenne, remplies qu'au mois de novembre. Ce n'est qu'aux mois d'avril, novembre et décembre que les précipitations vont au-delà de la limite inférieure des besoins normaux en eau des plantes (0,4 *Eo*) (Fig. 2). Ces conditions climatiques défavorables sont, de plus, aggravées par les variations saisonnières et annuelles de la pluviosité (Tableau 1). Les appellations "saisons pluvieuses longues" et "saisons pluvieuses courtes" (Tableau 1A) sont quelque peu trompeuses

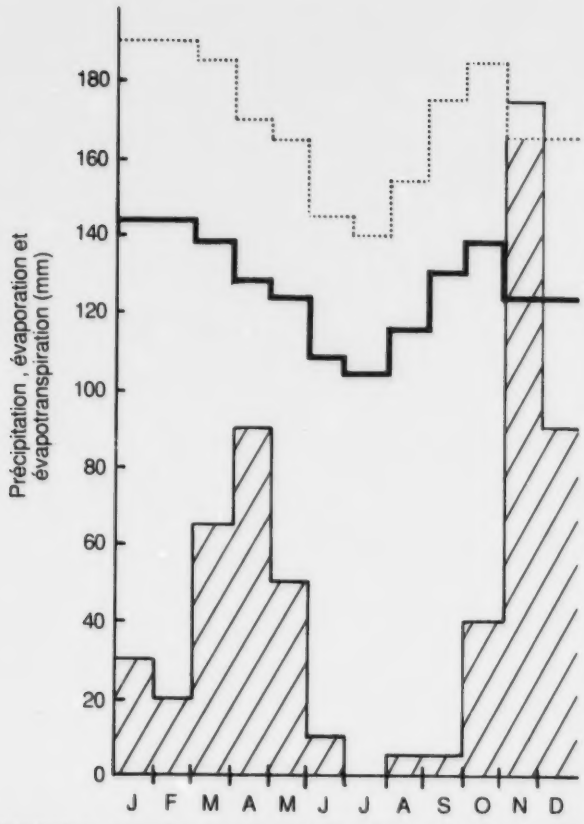

Fig. 2. Précipitations annuelles moyennes (surface hachurée), évaporation potentielle (ligne continue), et transpiration par évaporation potentielle (ligne pointillée) tout au cours de l'année dans la région de Kakuyuni (Woodhead 1968; Kenya Meteorological Department).

dans la région soumise à l'enquête, car la saison pluvieuse d'octobre à décembre (saisons pluvieuses courtes) dure plus longtemps que celle, dite longue, de mars à mai. Par ailleurs, l'importance et la probabilité de la pluviosité entre octobre et décembre sont plus élevées (Tableau 1B). Par conséquent, la saison pluvieuse qui va d'octobre à décembre présente moins de risques pour les activités agricoles.

Végétation

Les arbres et les arbustes qui dominent la végétation de la région sont surtout *Combretum molle*, *Acacia abyssinica*, *Balanites aegyptiaca* et *Terminalia brownii*. On trouve principalement ces espèces dans les sols d'argile rouge; l'*Acacia drepanolobium* se rencontre fréquemment dans les sols d'argile noire.

Tableau 1. Pluviosité sur le site du projet.

(A) Prévisions du début et de la fin des pluies

Description	Début	Fin	Durée (jours)
Pluies longues	12–16 mars	1–5 mai	50
Pluies courtes	18–22 oct.	22–26 déc.	60

(B) Probabilités saisonnières (%)

Période	>100 mm	>150 mm	>200 mm	>250 mm	>300 mm
Mars–mai[a]	75	54	38	23	15
Oct.–déc.[b]	96	90	74	58	39

Source : Jaetzolf (1979)
[a] Pluviosité moyenne de mars à mai : 195 mm.
[b] Pluviosité moyenne d'octobre à décembre : 305 mm.

Projet de recherche agroforestière en région sèche

La méthodologie de diagnostic et de conception du Conseil international de recherche en agroforesterie (CIRAF) a permis d'identifier les besoins en recherche pour la zone cible. Les données de diagnostic et de pré-diagnostic recueillies dans la zone de Kakuyuni ont permis d'établir les caractéristiques suivantes :

- faible productivité des cultures en raison du faible niveau de fertilité du sol (bas niveaux de matières organiques et d'azote);
- taux élevés d'érosion du sol et de ruissellement;
- pénurie de fourrage, spécialement pendant la saison sèche;
- pénurie de bois de chauffage et de poteaux pour la construction;
- pénurie de liquidités (pas de cultures commerciales).

Objectifs du projet

Le projet vise la mise au point de technologies agroforestières pour les régions semi-arides du Kenya et pour d'autres pays de l'Afrique de l'Est, dans le but d'améliorer la qualité de vie des habitants de ces régions. Après avoir identifié les contraintes, on a pu établir comme suit les objectifs du projet :

- étudier les possibilités de maintien ou de relèvement de la productivité par l'adoption de la culture en couloirs;
- étudier les possibilités d'améliorer la qualité, la quantité, et la distribution saisonnière du fourrage sur les exploitations agricoles en plantant les espèces fourragères d'arbres ou d'arbustes dans les zones de pâturage et en développant des systèmes de coupe et d'enlèvement du fourrage;
- étudier les possibilités de réduction de la quantité de travail nécessaire pour le système de libre pâturage et la collecte de bois de chauffage en

érigeant des haies vives autour des terres de pâturage et en plantant des espèces convenant au bois de chauffage;

- étudier les possibilités d'augmentation des recettes des agriculteurs grâce à l'introduction d'arbres fruitiers.

On s'est déjà attaqué à la plupart des objectifs du projet. On trouvera ici un exposé sommaire des essais de culture en couloirs. Ceux qui désirent lire des discussions poussées et des descriptions détaillées au sujet de la conception des expériences et de l'analyse des données, pourront consulter Arap-Sang et al. (1985) et Arap-Sang et Hoekstra (1986a,b,c).

Essais de fumure à base de feuilles

En guise d'introduction aux essais de culture en couloirs, un petit essai a été mené pour étudier l'effet sur la croissance des plantes des feuilles de différents arbres ainsi que leur taux d'application. Les feuilles ont été incorporées au sol. À partir d'octobre 1983 à Katumani National Dryland Farming Station, Maruba Farm, l'essai a été répété en quatre fois : *Cassia siamea*, 1 et 2 kg/m^2 (poids des feuilles fraîches); *Leucaena leucocephala*, 1 et 2 kg/m^2; *Terminalia brownii*, 1 et 2 kg/m^2; et parcelle témoin (aucune feuille ajoutée).

Les feuilles ont été appliquées 2 semaines environ avant que l'on plante et elles ont été incorporées immédiatement au sol afin d'éviter qu'elles soient emportées par le vent. Pour réduire au maximum l'influence des pentes, on a élevé des billons autour de chaque parcelle.

En ce qui concerne la culture témoin, on a planté des haricots (*Phaseolus* spp.) et du maïs (*Zea mays*). Chaque parcelle comportait une rangée de 10 plants de haricots, avec un intervalle de 15 cm entre chacun des plants. Pour le maïs, chaque parcelle comportait une rangée de six plants, avec un intervalle de 30 cm.

Afin d'observer l'effet de la fumure verte continue sur une même parcelle de terre, on a réalisé l'expérience en mars 1984 au début de la saison pluvieuse longue, en octobre 1984 pendant la saison pluvieuse courte, et pendant les deux saisons en 1985. On a utilisé des parcelles de très faibles dimensions de façon à pouvoir étudier autant d'espèces et de taux possibles, compte tenu de la faible superficie disponible. Cette technique permet de dégager des différences relatives entre les traitements, plutôt que des différences absolues. Pour cette raison, il est impossible d'extrapoler les valeurs exprimant le rendement des quantités par hectare.

On a procédé en mai 1985 à une plus vaste expérience pour obtenir des valeurs plus fiables en ce qui concerne le rendement (Arap-Sang and Hoekstra 1986a,c). Jusqu'à présent on n'a analysé que les résultats d'une seule saison.

Essais des haies

On a entamé sur la parcelle d'un agriculteur des essais de haies sur les fermes pendant la saison pluvieuse courte de 1985. On a utilisé deux espèces : *Gliricidia sepium* et *Leucaena leucocephala*. On a préparé trois autres parcelles pour des essais utilisant le *Sesbania sesban*, *Calliandra calothyrsus*, et *Gliricidia sepium*. Les essais avaient quatre objectifs principaux :

- étudier l'effet des haies sur le rendement du maïs;
- étudier l'effet de différents espacements d'arbres en rangée sur le rendement du maïs cultivé en couloirs;
- étudier l'effet sur le rendement du maïs de la proximité par rapport aux haies;
- étudier l'effet «latéral des haies» sur le rendement du maïs.

Résultats et discussion

Essais de fumure à base de feuilles

Arap-Sang et al. (1985) ont présenté de façon détaillée les résultats des trois premières récoltes de maïs. Le *Leucaena leucocephala* à 2 kg/m^2, le *Terminalia brownii* à 1 kg/m^2, et le *Cassia siamea* à 2 kg/m^2 ont donné les meilleurs résultats en ce qui concerne la hauteur des plantes, l'indice de la superficie de la feuille et le poids des grains. Le *Terminalia* à 2 kg/m^2 a inhibé en quelque sorte ces paramètres; on ignore encore la cause de ce phénomène.

Selon les résultats préliminaires d'essais menés ailleurs dans le district de Machakos, les rendements en matière verte pour le *Leucaena* ont été environ de 1,5 kg/arbre par saison avec un espacement moyen en rangée de 0,62 m et un espacement des rangées de 3,5 m. La production par hectare de feuilles par saison a donc été approximativement de 6 900 kg; distribuée sur une superficie cultivée de 6 600 m^2 (un tiers de la superficie totale étant occupée par des haies), cette quantité a permis un taux d'application de 1 kg/m^2 environ. À ce taux, le rendement relatif du maïs par unité de superficie cultivée n'a augmenté que de 22 %. Dans le cas du *Leucaena*, cela ne suffirait pas pour compenser la réduction du rendement imputable à la perte de terrain (33 %). On ne dispose pas de chiffres relatifs à la biomasse du *Terminalia*.

Lors de la quatrième récolte, on a observé une différence positive importante (36–122 %) entre les parcelles traitées et les parcelles témoins. On pourrait déterminer au moyen d'une analyse de sol appropriée (en cours actuellement) si cette hausse du rendement peut être attribuée à l'effet cumulatif de la fumure à base de feuilles ou à d'autres facteurs. Les effets négatifs du produit de l'élagage du *Terminalia brownii* appliqué pendant la troisième récolte à raison de 2 kg/m^2 n'ont pas été observés lors de la quatrième récolte. En ce qui concerne l'utilisation des haricots comme culture d'essai, on n'a obtenu aucun résultat probant pendant les trois récoltes.

Lors de l'essai à grande échelle, la réaction du rendement du maïs à l'application de fumure à base de feuilles des arbres n'a pas été concluante à la première récolte (Arap-Sang et Hoekstra 1986c). La variation de la récolte résultant du *Leucaena* était directement liée au niveau de traitement. On s'attend à ce que les effets du traitement se manifestent de façon plus cohérente dès que la fertilité du sol deviendra un facteur plus crucial par suite de la répétition des cultures.

Essais des haies en station

Comme les essais des haies en sont encore à l'étape expérimentale et comme ils n'ont qu'une envergure limitée, il est impossible d'en tirer des conclusions définitives. La plupart des résultats préliminaires dont on dispose ont un caractère exploratoire, donnant quelques indications intéressantes sur le rendement éventuel du système et sur certains des facteurs concernant le rendement.

Pendant la phase de mise au point du système de culture en couloirs, les haies semblent avoir exercé des effets tant positifs que négatifs sur le fourrage et sur la production de grains des plants de maïs cultivés en couloirs. En ce qui concerne les trois premières récoltes, l'effet positif l'emporte sur l'effet négatif. L'effet positif est probablement dû au fait que les haies constituent un abri. La direction du vent (est–ouest) est presque perpendiculaire à l'orientation des haies (nord–sud). Avec une hauteur moyenne d'élagage de 50 cm, le plant de maïs peut obtenir une protection complète entre les haies. Surtout pendant les premières étapes de la croissance, lorsque les plants individuels de maïs ne sont pas encore assez grands pour se protéger les uns les autres contre le vent, les plants situés entre les haies pourraient être avantagés par rapport aux plants de maïs des parcelles témoins.

Lors de la quatrième et dernière récolte, l'abri offert par les haies est neutralisé par son effet négatif sur le maïs. Un tel effet est certainement lié à la croissance des haies et s'explique probablement par le fait que les haies et les rangées adjacentes de maïs se font concurrence pour l'humidité. À partir de ces résultats, on peut conclure que la perte de maïs pendant les premiers jours de développement des haies peut être réduite au minimum, à condition que les haies soient bien orientées par rapport à la direction du vent.

En ce qui concerne les deux espacements en rangée de *Cassia siamea*, pendant le développement des haies, on n'a observé aucune différence significative quant à leur interaction avec les rangées de maïs. L'espacement de 0,25 m en rangée, cependant, a donné lieu à un taux de mortalité considérablement plus élevé dans les périodes de sécheresse; il a de plus fallu plus de travail et de jeunes plants pour mettre au point cette parcelle (par rapport à celle où l'espacement est de 1 m). Il faudra continuer le suivi dans la phase suivante pour qu'on puisse déterminer les avantages et les inconvénients respectifs de chaque type d'espacement.

Le fait que les rangées externes présentent une performance supérieure à celle de la rangée centrale (lorsque la haie a été érigée) s'explique probablement par la plus grande quantité d'humidité, de lumière naturelle et d'éléments nutritifs disponibles à proximité des bordures des haies. Par conséquent, il est peut-être avantageux d'augmenter la population de maïs près des haies pendant la première saison de culture et d'utiliser ce micro-environnement amélioré pour réduire les pertes. Il faut, cependant, veiller à ce que la croissance des jeunes plants ne soit pas sérieusement entravée par le fait que ceux-ci sont soumis à une compétition accrue. Une partie de l'humidité supplémentaire du sol dans les zones proches des haies peut disparaître lorsque les haies sont établies par ensemencement direct plutôt que par mise en terre de jeunes plants (ceux-ci exigent une préparation moins importante de la terre, ce qui entraîne un taux d'infiltration moindre).

En résumé, deux aspects méritent une attention spéciale; ils exercent tous deux une forte influence sur la faisabilité du système de culture en couloirs :

- Les pertes au niveau de la production pendant la période de pousse des haies sont moins importantes que prévu, ce qui rend le système plus attrayant pour les agriculteurs.
- La période de pousse des haies a été plus longue que prévu, ce qui rend le système moins attrayant pour les agriculteurs; cependant, les expériences réalisées ailleurs dans le district ont révélé que l'on peut obtenir des résultats plus rapidement.

Références

Arap-Sang, F.K., Hoekstra, D.A. 1986a. On-station hedgerow trial results of the development phase. Dryland Agroforestry Project, Kenya Agricultural Research Institute, Kikuyu, Kenya. Research Report 3.

_____ 1986b. Fourth season green manure trials (micro plots). Dryland Agroforestry Project, Kenya Agricultural Research Institute, Kikuyu, Kenya. Research Note 1.

_____ 1986c. First season results green manure trial (macro plots). Dryland Agroforestry Project, Kenya Agricultural Research Institute, Kikuyu, Kenya. Research Note 2.

Arap-Sang, F.K., Hoekstra, D.A., Okumu, R. 1985. Preliminary results of on-station green manure trials with leaves from *Leucaena leucocephala*, *Cassia siamea*, and *Terminalia brownii*. Dryland Agroforestry Project, Kenya Agricultural Research Institute, Kikuyu, Kenya. Research Report 1.

Jaetzolf, R. 1979. Agro-climatic conditions for land use in settlement areas east of Thika Settlement Scheme. Ministry of Agriculture, Nairobi, Kenya. Report of German Agency for Technical Cooperation (GTZ) Extension Team.

Sombroek, W.G., Siderius, W. 1982. Nitosols, a quest for significant diagnostic criteria. Institute of Soil Management. Kenya Agricultural Research Institute, Muguga, Kenya. Annual Report.

Woodhead, T. 1968. Studies of potential evaporation in Kenya. Water Development Department, Nairobi, Kenya.

Production de fourrage de *Leucaena leucocephala* en culture intercalaire avec le maïs et les haricots en Tanzanie

L.L.L. Lulandala[1] et J.B. Hall[2]

[1]Département de biologie forestière, Université agricole de Sokoine, Morogoro, Tanzanie; Département de sylviculture et des sciences du bois, University College of North Wales, Bangor, Gwynedd LL57 2UW, R.-U.

Résumé *— De 1980 à 1983, on a mené une étude à Mafiga, Morogoro, dans la région subhumide de la Tanzanie, afin de déterminer l'effet de la culture intercalaire du* Leucaena leucocephala *avec le maïs et les haricots sur la production de cultures vivrières et de fourrage. On a évalué les rendements des récoltes pendant quatre saisons et étudié d'une part dans quelle mesure on peut satisfaire les besoins en fourrage et, d'autre part, les effets de ce type de culture sur la productivité à long terme du sol.*

Introduction

On connaît bien le potentiel du fourrage de *Leucaena* pour le bétail, la volaille et les poissons dans les communautés rurales (Ghatneker et al. 1983; NAS 1980). La valeur du *Leucaena* réside dans sa qualité nutritionnelle élevée. La teneur en éléments nutritifs et en matières non digestibles pour l'alimentation des ruminants est comparable à l'alfalfa, avec un taux de digestibilité de 50–87 % (Oakes 1968) et une teneur en protéines de 25–34 % (Brewbaker 1975; NAS 1984). La teneur en acides aminés est bien équilibrée, et les feuilles contiennent deux fois plus de carotène, de riboflavine et de vitamine A, par unité de poids sec, que les autres légumineuses (NAS 1984). On a pu obtenir avec le *Leucaena* des améliorations dans les gains de poids vif du bétail dans diverses régions des tropiques (Malynic 1974; Jones et Bray 1983; Wong et Devendra 1983).

Le *Leucaena* produit une quantité abondante de feuillage. Selon la NAS (1984), le rendement annuel en matière sèche varie entre 2–20 t/ha. On obtient des rendements plus élevés allant jusqu'à 50,9 t/ha avec des méthodes fortement intensives de production de fourrage en monoculture, avec des populations de plus de 200 000 plants/ha (Hedge 1982).

Les feuilles de *Leucaena* peuvent aussi servir d'engrais organiques (Brewbaker 1975; Palled et al. 1983). Le rendement élevé de ses feuilles (Bottenberg 1981) et sa capacité élevée à fixer l'azote (NAS 1984) peuvent contribuer de façon

significative à la conservation et à l'amélioration du sol. Cependant, on n'a pas encore réellement établi comment combiner et associer arbres, cultures et élevage pour utiliser au mieux ce système. Cette étude vise les objectifs suivants :

- comparer la croissance du *Leucaena* en régime de monoculture et en culture intercalaire avec maïs et haricots;
- comparer le rendement du maïs et des haricots lorsqu'on les cultive seuls et lorsqu'on pratique une culture intercalaire avec *Leucaena*;
- évaluer le potentiel de production de fourrage.

Site

Cette étude a été réalisée au site expérimental de l'Université agricole de Sokoine, à Mafiga, Morogoro, Tanzanie (6°50' S, 37°38' E; 520 m au-dessus du niveau de la mer). Cette région se trouve dans la vallée du Ngerengere et elle est caractérisée par une pente de moins de 5 % dans la direction nord-est. Les sols sablonneux sont constitués de dépôts alluvionnaires. Avec une pluviosité de 740 mm par an en moyenne, la région appartient au climat subhumide bimodal. La saison courte des pluies comprend les mois de novembre et décembre et la saison longue va de mars à mai, 92 % de toute la pluviosité se produisant pendant la période de sept mois allant de novembre à mai. La moyenne journalière des températures maximales varie de 28 (juin) à 34 °C (décembre); les températures minimales vont de 13,9 (juillet) à 23 °C (décembre).

Conception de l'expérimentation

Le terrain a été labouré, hersé, et planté de cultivars de *Leucaena leucocephala* cv. Hawaiian Giant et, en culture intercalaire, avec du maïs (*Ilonga* composite) ou des haricots (Canadian Wonder). La densité de la population du *Leucaena* n'était pas constante. L'expérience a été conçue en fonction de la division du terrain en plusieurs parcelles. Le maïs, les haricots et les espaces entièrement désherbées (témoin) constituaient les principales parcelles de 0,2 ha. Les espacements pour le *Leucaena* étaient de 1 × 3 m (3 333 arbres/ha), 1 × 4 m (2 500 arbres/ha), 1 × 5 m (2 000 arbres/ha), et 1 × 6 m (1 667 arbres/ha), les sous-divisions étant constituées de parcelles témoins ne comportant aucun arbre. La superficie d'une sous-division était de 432 m^2. L'expérience a été répétée quatre fois.

Les arbres ont été plantés en mars 1980, et disposés en rangées dans le sens est–ouest. En avril 1980, on a planté en culture intercalaire le maïs et les haricots dans les espaces séparant les rangées d'arbres (allées) en respectant des espacements de 75 × 30 cm pour le maïs et de 40 × 20 cm pour les haricots. Des rangées sans aucun plant de maïs (50 cm de largeur) ou de haricots (20 cm de largeur) ont été aménagées des deux côtés de chaque rangée d'arbres pour réduire leur étouffement par les espèces cultivées, particulièrement pendant la période de pousse des arbres. On a réalisé la culture intercalaire de ces espèces pendant les saisons subséquentes.

On a appliqué des engrais à chaque saison. Les plants de maïs ont reçu 84 kg N/ha (sous forme de sulphate d'ammonium) et 40 kg P/ha (sous forme de triple

super phosphate); les parcelles de haricots ont reçu 42 kg N/ha et 40 kg P/ha. Le phosphate a été ajouté en paquets à l'époque des semailles. La moitié de l'azote a été ajouté quatre semaines après les semailles et l'autre moitié au moment de la floraison. On a pratiqué le désherbage toutes les fois que cela s'avérait nécessaire. Les parcelles où l'on avait planté les espèces vivrières ont été travaillées manuellement à la houe et les autres ont été hersées mécaniquement, le travail manuel remplaçant le tracteur dans les endroits inaccessibles à la herse.

On a évalué la croissance des arbres, la production de fourrage et le rendement des récoltes. On n'a évalué la croissance des arbres et la production de fourrage que pour les sept arbres situés au centre par rapport à chacune des trois rangées centrales de chaque sous-division. On a évalué la production de fourrage après 14 mois en élaguant la moitié inférieure des arbres. Après 23 mois, on a taillé les arbres à 1 m du sol et on a évalué la quantité de fourrage provenant des arbres. Par la suite, on a pratiqué tous les trois mois des élagages afin d'être en mesure d'évaluer le fourrage et cela, pendant une période de 41 mois, tout en gardant les haies à une hauteur d'un mètre.

Le fourrage (feuilles, fleurs, cosses et jeunes pousses) a été pesé au moment de la coupe, puis séché au four à 70 °C. On a estimé, à l'aide de sous-échantillons, la teneur en éléments nutritifs et l'enlèvement de ces matières des sites de production après la récolte du fourrage. Puis, on a broyé ces échantillons de fourrage séché au four en se servant d'une meule Wiley et on a déterminé sa teneur en azote en utilisant la méthode macro-Kjeldahl (Bremner 1965). On a réduit en cendres certains de ces échantillons dans un four à mufle pendant 3 h à 450 °C et procédé à l'extraction avec 6 *N* HCl. On a déterminé la teneur en phosphore à l'aide d'un colorimètre (Bray et Kurtz 1945). On a déterminé la teneur en potassium, calcium et magnésium à l'aide de la méthode de l'absorption atomique (Uriyo et Singh 1974). Les rendements du maïs et des haricots ont été évalués pour quatre récoltes.

Résultats et discussion

Sur une période de 41 mois, des plants de *Leucaena* ont donné un rendement moyen de plus de 3 t/ha de fourrage par an. Le rendement en fourrage des parcelles sur lesquelles on avait pratiqué la culture intercalaire avec des haricots était sensiblement plus élevé dans le cas de l'échantillon de 26 et 28 mois. Cependant, les rendements mensuels variaient considérablement selon la saison.

La culture intercalaire avec des cultures vivrières n'avait pas d'effet apparent sur les rendements en fourrage (Tableau 1). De même, l'espacement des haies n'exerçait que peu d'influence sur le rendement par hectare du fourrage

Tableau 1. Rendement annuel moyen de fourrage à partir de haies de *Leucaena* en culture intercalaire avec le maïs et le haricot à Mafiga, 1980–1983.

Régime de culture	Rendement en fourrage (t/ha)
Désherbage complet	2,9
Culture intercalaire avec les haricots	3,4
Culture intercalaire avec le maïs	2,8

Tableau 2. Rendement annuel moyen de fourrage par arbre et par hectare à partir de *Leucaena* avec différents espacements des haies, en culture intercalaire avec le maïs et les haricots à Mafiga, 1980-1983.

Espacement des haies (m)	Rendement en fourrage	
	Par arbre (kg/arbre)	Par hectare (t/ha)
1 × 3	1,00d	3,3e
1 × 4	1,19c	3,0e
1 × 5	1,50b	3,1e
1 × 6	1,67a	2,8e

Note : valeurs d'une même colonne qui sont suivies de la même lettre ne sont pas sensiblement différentes ($P < 0,05$).

(Tableau 2). Il faut toutefois noter que le rendement en fourrage par arbre a augmenté en proportion directe selon l'espacement des haies. Mais, le nombre plus élevé de plants dans le cas d'un faible espacement a compensé la réduction du rendement du fourrage par arbre.

Les pourcentages moyens d'éléments nutritifs dans le fourrage récolté étaient les suivants : N, 2,88 %; P, 0,11 %; K, 1,38 %; Ca, 0,67 %; et Mg, 0,28 %. L'analyse statistique des données a révélé que les régimes de culture n'exerçaient pas d'influence significative en ce qui concerne l'enlèvement des éléments nutritifs. Cependant, la récolte du fourrage supposait le retrait de grandes quantités d'éléments nutritifs (Tableau 3). Un suivi serré s'impose en ce qui concerne les effets futurs de ces pertes sur les rendements à long terme en fourrage ainsi que sur la productivité globale du site.

Les rendements obtenus pour les quatre saisons (Tableau 4) ont montré que pendant la première, alors que les arbres sont encore de taille réduite (<1 m), l'espacement des haies n'influe pas sur le rendement du maïs ni sur celui des haricots. Au moment de la seconde récolte, les arbres des haies étaient assez hauts pour couvrir les plantes d'ombre (4,6 m en mai 1981, le maximum à l'époque de la moisson); le rendement du maïs était considérablement moindre dans toutes les parcelles où se trouvaient à la fois maïs–et arbres. Les effets n'étaient pas aussi notables en ce qui concerne le rendement en haricots.

Une fois l'élagage terminé, le rendement du maïs et des haricots n'était pas influencé de façon sensible par la présence des haies. Cela confirme le fait que l'influence négative des arbres sur le rendement du maïs, observée pendant la seconde récolte, résultait de l'ombre plutôt que de la concurrence pour l'humidité et les éléments nutritifs.

L'effet de la pluviosité, faible, irrégulière et incertaine qui a caractérisé la région de Mafiga pendant la plus grande partie de la période étudiée se manifeste dans les faibles rendements observés durant les trois dernières récoltes (1981–1983). Par contre, la croissance des plants, notamment celle du maïs, a coïncidé avec une pluviosité satisfaisante quant à la distribution et à l'intensité pendant l'époque de la première moisson (1980).

Ces résultats montrent bien que la croissance du fourrage de *Leucaena* et son rendement sont inférieurs à Mafiga à ceux enregistrés dans les régions plus

Tableau 3. Enlèvement annuel moyen d'éléments nutritifs (kg/ha) au moment de la coupe du fourrage à partir des haies de *Leucaena* en culture intercalaire avec le maïs et les haricots pendant les 41 premiers mois à Mafiga, 1980–1983.

Régime de culture	N	P	K	Ca	Mg
Désherbage complet	88	4	42	18	8
Culture intercalaire avec les haricots	95	5	48	20	8
Culture intercalaire avec le maïs	80	5	37	23	9

Tableau 4. Rendements moyens (kg/ha) du maïs et du haricot cultivés en couloirs avec des haies de *Leucaena* pendant les 4 premières saisons à Mafiga, 1980–1983.

Espacement des haies (m)	Maïs				Haricots			
	1980	1981	1982	1983	1980	1981	1982	1983
1 × 3	1 681	131	121	361	463	105	77	258
1 × 4	1 744	92	155	395	371	85	80	270
1 × 5	1 771	82	162	459	363	125	63	302
1 × 6	1 336	173	166	534	410	137	77	197
Témoin	1 678	626[a]	169	583	402	177	72	309

[a] Sensiblement différentes ($P < 0,05$) des autres valeurs des colonnes.

humides où l'on trouve des systèmes plus intensifs de production en monoculture (Takahashi et Ripperton 1949; Hedge 1983; Krishnamurthy et Gowda 1982). On a établi que les différences de sites (Hu et Kiang 1982) et les méthodes de culture (NAS 1984) ont fortement influé sur le profil de la croissance des plants de *Leucaena* et sur le rendement de cette espèce.

Le rendement en fourrage obtenu dans le cadre de la présente étude se situe entre 2–20 t/ha par an (Jones 1979; NAS 1984). On considère ce rendement comme raisonnable pour l'environnement semi-tropical, compte tenu de la gamme des densités d'arbres (1 667–3 333 arbres/ha). Un suivi serré s'impose en ce qui concerne les incidences à long terme sur la fertilité des champs, et le retrait des éléments nutritifs associé à la récolte de fourrage.

La culture intercalaire avec des cultures vivrières assure l'entretien et la protection des arbres grâce au désherbage qui réduit les risques d'incendie. Le *Leucaena* planté de cette façon pourrait s'avérer intéressant et il faut encourager ce système dans les communautés rurales et à proximité des villes où la production de cultures va de pair avec l'élevage. Pour la production de fourrage, les haies de *Leucaena* avec un espacement de 6 m par rapport aux cultures que l'on fait pousser dans les espaces intercalaires constituent un système optimum de culture intercalaire qui permet de retirer le plus d'avantages du système lorsque se trouvent réunies des conditions identiques à celles de la présente étude.

Références

Bottenberg, H.S. 1981. Growth and yield of IR 36 rice as affected by different levels of ipil-ipil leaves. *Leucaena* Research Reports, 2, 41.

Bray, R.H., Kurtz, L.T. 1945. Determination of the total organic and available forms of phosphorus. Soil Science, 59, 39–45.

Bremmner, J.M. 1965. Total nitrogen by the macro-Kjeldahl method. *In* Black, E.A., éd., Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Madison, WI, É.-U., 1149–1164.

Brewbaker, J.L. 1975. Hawaiian Giant Koa-haole. College of Tropical Agriculture, University of Hawaii, Honolulu, HI, É.-U. Miscellaneous Publication 125.

Ghatnekar, S.D., Auti, D.G., Kamat, V.S. 1983. Feeding *Leucaena* to Mozambique *Tilapia* and Indian major carps. *In Leucaena* research in the Asian–Pacific region: proceedings of a workshop held in Singapore, 23–26 November 1982. Centre de recherches pour le dévelopement international, Ottawa, Ont., Canada. IDRC-211e, 109–112.

Hegde, N. 1983. *Leucaena* forage management in India. *In Leucaena* research in the Asian–Pacific region: proceedings of a workshop held in Singapore, 23–26 November 1982. Centre de recherches pour le développement international, Ottawa, Ont., Canada. IDRC-211e, 73–78.

Hu, T.W., Kiang, T. 1982. Weed production of spacing trial varieties of *Leucaena* in Taiwan. *Leucaena* Research Reports, 3, 9–62.

Jones, H.J. 1979. Values of *Leucaena leucocephala* as a feed for ruminants in the tropics. World Animal Review, 31, 13–23.

Jones, R.J., Bray, R.A. 1983. Agronomy research in the development of *Leucaena* as a pasture legume in Australia. *In Leucaena* research in the Asian–Pacific region: proceedings of a workshop held in Singapore, 23–26 November 1982. Centre de recherches pour le développement international, Ottawa, Ont., Canada. IDRC-211e, 41–48.

Krishnamurthy, K., Gowda, K.M. 1982. Effect of cutting and frequency regimes on the herbage yield of *Leucaena*. *Leucaena* Research Reports, 3, 31–32.

Malynics, L.G. 1979. The effect of adding *Leucaena glauca* (*leucocephala*) meal to commercial rations for growing pigs. Papua New Guinea Agricultural Journal, 25, 12–14.

NAS (National Academy of Sciences). 1980. Firewood crops: shrubs and tree species for energy production. NAS, Washington, DC, É.-U.

_____ 1984. *Leucaena*: promising forage and tree crop for the Tropics. 2e éd. NAS, Washington, DC, É.-U.

Oakes, A.J. 1968. *Leucaena leucocephala* description, culture and utilization. Advances in Frontiers of Plant Science, 20, 1–114.

Palled, U.B., Hosmani, M.M., Palil, M.P. 1983. Harvesting of organic nitrogen from intercropping *Leucaena*. *Leucaena* Research Reports.

Takahashi, M., Ripperton, J.C. 1949. Kao-haole (*Leucaena glauca*): its establishment, culture and utilization as a forage crop. Hawaii Agricultural Experimental Station, College of Tropical Agriculture, University of Hawaii, Honolulu, HI, É.-U. Research Bulletin 100.

Uriyo, A.P., Singh, B.R. 1974. Practical soil chemistry manual. Department of Soil Science, University of Dar es Salaam, Dar es Salaam, Tanzanie.

Wong, C.C., Devendra, C. 1983. Research on *Leucaena* forage production in Malaysia. *In Leucaena* research in the Asian–Pacific region: proceedings of a workshop held in Singapore, 23–26 November 1982. Centre de recherches pour le développement international, Ottawa, Ont., Canada. IDRC-211e, 55–60.

La culture en couloirs dans la région centrale du Togo

T. Remington[1] et K. Eklou-Takpani[2]

[1]Projet de culture Attelée, BP 3, Kara, Togo; [2]Projet FED (Fonds de développement économique), BP 3, Kara, Togo

Résumé *— La présente étude passe en revue les avantages de la culture en couloirs et de la mise sur pied de banques de fourrage sur les exploitations agricoles où l'on trouve des boeufs et des petits ruminants.*

Introduction

La culture en couloirs des cultures vivrières avec le pois cajan et *Leucaena* peut constituer une source importante de fourrage pour les animaux sur les exploitations agricoles qui disposent d'une paire de boeufs ou de petits ruminants. Lorsqu'on dispose de suffisamment de fourrage, les boeufs peuvent être utilisés à des fins de transport pendant la saison sèche au lieu d'être envoyés en pâturage. Ils pourront donc passer plus de temps dans l'étable, ce qui permettra d'accroître la production de fumier. Au début de la saison pluvieuse, les boeufs seront en bonne santé et robustes, de façon que le labourage puisse se faire efficacement.

Conception de l'expérimentation

On a semé directement du *Leucaena* dans des rangées de 4 m sur 14 situées dans le nord du Togo. Le pois cajan (variété locale, photosensible) a fait l'objet d'une culture intercalaire avec du maïs et a été planté en rangées serrées (40 cm entre les rangées). On a planté du maïs à raison de 41 666 plants/ha et du pois cajan à raison de 83 333 plants/ha.

On a évalué, après leur transplantation, six types de *Leucaena leucocephala* (cv. K-28, K-8, K-132, K-128, Cunningham et une variété locale); sur un site, on a semé directement et évalué le cv. Cunningham et le cv. Péruvien amélioré. La variété locale a été transplantée avec un espacement de 1 m sur une parcelle de 100 m^2 destinée à une banque de fourrage, dans le cadre d'un programme intensif d'élevage de moutons sur 10 exploitations agricoles.

Résultats

Bien que l'apparition des pousses ait été excellente, la croissance a été lente dans tous les centres à deux exceptions près. Sans tenir compte de la hauteur atteinte, le *Leucaena* a été brouté et les plants ont été cassés par le bétail et les petits ruminants après la saison pluvieuse. Le pois cajan faisant l'objet de culture intercalaire a diminué de 28 % le rendement du maïs et a donné un ratio équivalent à 76 % seulement de grains par superficie. Le poids du fourrage fraîchement coupé allait de 1 à 2 t/ha; le poids du feuillage et du bois de chauffage allait respectivement de 3 à 5 et de 5 à 8 t/ha. La forte densité du pois cajan a réduit très fortement la concurrence des herbes. En raison du faible espacement, les animaux n'ont pas été en mesure d'abîmer les plants, ce qui a permis de récolter le grain et le fourrage au mois de février, c'est-à-dire en plein milieu de la saison sèche. Les cinq cultivars de Hawaiian Giant de *Leucaena* ont connu une croissance satisfaisante (Tableau 1).

On a enregistré une légère augmentation de la hauteur (0,25 m) par suite de la transplantion du cultivar Cunningham. La variété locale *Leucaena* s'étend au niveau du sol et ne croît que lentement mais, lorsqu'elle a été transplantée dans des enclos protégés, elle n'a pas connu une croissance satisfaisante. Les agriculteurs ont alors consacré leurs efforts à leurs cultures dans les champs, abandonnant ainsi la majorité des parcelles.

Conclusions et plans pour l'avenir

Au cours de la deuxième année suivant l'ensemencement direct du *Leucaena*, on observe une nouvelle croissance ainsi que sa capacité à résister au broutement. Les pousses de la première année sont placées dans les champs des agriculteurs sur lesquels on sèmera le *Leucaena* dans la même rangée que le maïs, le sorgho et le pois cajan.

Au cours de la seconde année de l'essai des pois cajan, on établira des allées de 4 m à toutes les cinq rangées. On essaiera de mesurer l'effet résiduel du pois cajan sur la récolte subséquente de sorgho. Les essais de première année portant sur le pois cajan seront entrepris par les agriculteurs, la densité de ces plantations étant réduite de moitié (41 666 plants/ha); on procédera à trois ou quatre élagages pendant l'année afin d'accroître le rendement en fourrage et de réduire la concurrence avec le maïs.

Tableau 1. Hauteur des plantes (m) de plusieurs cultivars de *Leucaena*, cv. Hawaiian Giant, dans la région centrale du Togo.

Transplantation		Ensemencement direct	
Cultivar	Hauteur	Cultivar	Hauteur
K-28	2,84±0,22	Cunningham	1,57±0,24
K-8	1,99±0,32	Péruvien amélioré	1,30±0,30
K-132	1,87±0,25		
K-128	1,79±0,34		
Local	0,94±0,08		
Cunningham	1,82±0,46		

On évaluera dans les banques de fourrage une culture intercalaire maïs–pois cajan–*Leucaena*. On souhaite que le pois cajan donne du fourrage la première année, que le rendement du maïs pousse les agriculteurs à désherber à temps et que, une fois établi, le *Leucaena* assure une production continue de fourrage. Après un an ou deux, on pourra installer sur un autre site l'enclos de la banque de fourrage. On évaluera également les possibilités d'utiliser des matériaux locaux (tiges de pois cajan et de sorgho) afin de dresser des clôtures.

La culture en couloirs du maïs avec *Leucaena leucocephala* dans le sud du Togo

K. Kpomblekou-Ademawou

Institut national des sols, BP 1026, Lomé, Togo

***Résumé** — La présente étude a pour objet un essai en ferme de culture intercalaire de haies de* Leucaena *et de maïs dans le sud du Togo.*

Introduction

Les sols du sud du Togo sont ferrugineux et reçoivent communément l'appellation de «terre de barre». Ces terres ont déjà été productives mais elles se sont dégradées en raison de leur surutilisation. La culture en couloirs a donc été introduite pour régénérer les sols et ralentir leur dégradation, et pour résoudre les problèmes engendrés par le manque d'azote. On a réalisé un essai sur le terrain à Glidji dans le sud du Togo afin d'étudier l'apport en azote des haies de *Leucaena leucocephala* au maïs cultivé en couloirs, et l'effet de la culture en couloirs sur les éléments nutritifs du sol.

Méthodologie

On a établi des haies de *Leucaena* en utilisant le cultivar K-28. Pendant la première année, les semences ont été mises en terre sur cinq rangées espacées de 4 m. La seconde année, on a élagué les haies, et les feuilles ont été étendues sur chaque parcelle. Du maïs a été planté dans les rangées.

Résultats

Les analyses statistiques concernant le rendement du maïs ont montré une réaction positive des plants à l'application d'azote à partir d'urée et de feuilles coupées (Tableau 1). L'application d'azote a amélioré la croissance des plants ainsi que le rendement en grains. On a obtenu le rendement le plus élevé grâce à une application d'azote de 80 kg/ha et de feuilles coupées; de plus, grâce à ce traitement, on a accru le rendement du maïs de 1 370 kg/ha par rapport à l'échantillon témoin. Les parcelles sur lesquelles on avait étendu des feuilles de

Tableau 1. Rendement en grains du maïs cultivé en couloirs avec du *Leucaena*, après application d'azote dans le sud du Togo.

Traitement[a] (kg N/ha)	Rendement en grains (kg/ha)	Taux de N (kg/ha)	Rendement en grains (kg/ha)
0 (témoin)	1 570	0 (témoin)	1 570
0 (P)	1 878	40	2 233
20 (P)	2 150	80	2 689
40 (P)	2 487	120	2 868
80 (P)	2 941		
CV (%)	9,72	CV (%)	10,23
$PPDS_{0,05}$	233	$PPDS_{0,05}$	243

[a] P, feuilles ajoutées ; CV, coefficient de variation ; PPDS, la plus petite différence significative ($P < 0.05$).

Leucaena et de fortes doses d'azote ont donné des rendements supérieurs en maïs, ce qui indique que l'addition de feuilles augmente la productivité de l'azote.

Conclusion

Les données concernant le rendement dans le cadre des essais de culture en couloirs du maïs et du *Leucaena leucocephala* à Glidji dans le sud du Togo, ont montré que, même avec une faible pluviosité, l'addition de feuilles de *Leucaena* peut réduire l'utilisation d'engrais azoté.

Adoption de la culture en couloirs dans la Province de l'Atlantique au Bénin

T.P. Akonde, B. Lame et E. Kummerer

Centre d'action régionale pour le développement rural, Cotonou, Bénin

Résumé *— Le Centre d'action régionale pour le développement rural (CARDER-Atlantique) au Bénin a essayé et adopté la culture en couloirs. Selon les résultats d'expériences s'étalant sur plus de 2 ans, un agriculteur qui utilise cette technique peut accroître le rendement du maïs de 35 à 52 % en haute saison et de plus de 50 % en basse saison. L'adoption de cette technique par les agriculteurs de la Province de l'Atlantique du Bénin semble prometteuse.*

Introduction

Le Centre d'action régionale pour le développement rural (CARDER-Atlantique) est une institution nationale et régionale de développement dont les recherches visent à déterminer les possibilités d'adoption de nouvelles méthodes de culture mises au point par des instituts de recherche internationaux et nationaux. Son principal objectif est de promouvoir le développement agricole grâce à des innovations permettant de surmonter les problèmes liés à l'agriculture dans la Province de l'Atlantique, dans la région du sud-est du Bénin.

La pluviosité dans la Province de l'Atlantique varie entre 800 et 1 200 mm/an. La densité de la population est d'environ 350 habitants/km^2. Ce qui explique qu'une utilisation intense du sol a provoqué sa détérioration rapide, une baisse de sa fertilité et une réduction de la période de jachère. La Province de l'Atlantique étant une région côtière, elle a fait l'objet d'une rapide urbanisation, ce qui a réduit progressivement la quantité de terre arable.

Le projet CARDER-Atlantique essaie de parvenir à l'auto-suffisance alimentaire grâce à la recherche et à l'utilisation de systèmes de culture en couloirs, lesquels permettront une utilisation intensive du sol avec très peu d'intrants devant servir de substituts aux jachères naturelles. Le projet a adopté le système de culture en couloirs mis au point par l'Institut international d'agriculture tropicale. Les essais ont été réalisés avec les espèces ligneuses suivantes : *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* et *Cajanus cajan*.

Tableau 1. Rendements moyens du maïs (kg/ha) dans le cadre des essais de culture en couloirs en haute saison.

Traitement	Rendement en grains du maïs	Rendement relatif
Témoin	2 685	100
Leucaena		
Un paillage	3 840	143
Deux paillages	4 076	152
Gliricidia, deux paillages	3 840	143
Cajanus, deux paillages	3 625	135

Tableau 2. Rendements moyens du maïs (kg/ha) dans le cadre des essais de culture en couloirs en basse saison.

Traitement	Rendement en épis de maïs	Rendement relatif
Témoin	1 018	100
Leucaena		
Un paillage	1 812	177
Deux paillages	1 747	172
Gliricidia–Cajanus, Un paillage	1 542	151

Résultats

On a réalisé des essais d'adaptation de diverses espèces et variétés sur la Ferme de soutien à la recherche située à Abomey-Calavi (à 20 km de Cotonou) et sur certains champs gérés par des agriculteurs. Le cultivar de maïs EV 74835R a servi aux essais réalisés durant la haute saison, entre avril et juillet. Les résultats d'essais s'étalant sur une période de 2 ans montrent une augmentation de 35–52 % par comparaison avec l'échantillon témoin (Tableau 1). Les résultats de la basse saison (septembre–décembre) utilisant le NH (une variété de maïs hybride) permettent de constater un accroissement du rendement de quelque 50 % (Tableau 2).

Les résultats des observations sur la croissance de différentes espèces et variétés de légumineuses ligneuses ont permis également de constater de fortes différences en ce qui concerne le début de la croissance. En une année, les hauteurs moyennes des plants de *Leucaena leucocephala* variaient entre 2,3 et 3,8 m. Les plants d'*Acacia auriculiformia* ont atteint une hauteur moyenne de 2,32 m. En ce qui concerne les plants de *Gliricidia sepium* provenant de boutures, la hauteur moyenne a été de 1,96 m; la hauteur moyenne n'a été que de 0,76 m dans le cas des plants provenant de l'ensemencement direct.

Conclusion

L'expansion du système de culture en couloirs, en tant que solution de remplacement aux jachères naturelles, peut aller de l'avant dans la Province de l'Atlantique du Bénin.

Le rôle de *Leucaena leucocephala* dans les systèmes de culture au Nusa Tenggara Timur en Indonésie

V. Parera

Provincial Agricultural Services, Kupang Timor, Indonésie

Résumé *— Nusa Tenggara Timur (NTT) est l'une des provinces les plus sèches d'Indonésie. L'agriculture y est fortement affectée par la longue saison sèche, la forte déclivité des pentes et la faible teneur du sol en éléments nutritifs. La culture itinérante, largement pratiquée, provoque l'érosion et la dégradation du sol. De nombreux programmes mis en oeuvre par le gouvernement colonial néerlandais pour remplacer la culture itinérante (par exemple, la mécanisation partielle ou le recours à l'agriculture intensive basée sur l'utilisation de grandes quantités d'intrants) se sont soldés par des échecs. Le* Leucaena leucocephala *a été introduit au NTT durant les années 10 pour remplacer les systèmes de culture traditionnels. Largement cultivé dans la région, son utilisation n'a cependant pris son essor que dans les années 70 avec le lancement des programmes Lamtoronisasi et Paronisasi, et avec la variété Hawaiian Giant, connue localement sous l'appellation* lamtoro-gung. *Les variétés locales (du type Hawaiien) sont utilisées actuellement avec succès dans le cadre des programmes de conservation du sol sur les terrains montagneux à Sikka, sur l'île de Flores et pour engraisser le bétail à Amarasi, dans le Timor occidental.*

Introduction

La province de Nusa Tenggara Timur (NTT) occupe la partie orientale des îles Lesser Sunda, comprenant le Timor occidental, Flores, Sumba, et plusieurs autres petites îles. L'administration provinciale est divisée en 12 régions appelées Kabupatens. La superficie totale est de 50 000 km^2 environ et la population est d'environ 3 millions d'habitants. La densité de la population varie d'une région à l'autre. Kabupaten Sikka, sur l'île de Flores, est la région la plus peuplée, avec une densité moyenne de 150 habitants/km^2; le Sikka central compte plus de 400 habitants/km^2. Kabupaten Sumba Timur, sur l'île de Sumba, présente la plus faible densité de population (25 habitants/km^2).

NTT occupe une position spéciale dans l'archipel indonésien : elle se caractérise par le plus faible niveau annuel moyen de pluviosité (1 000–2 000 mm), spécialement sur les pentes septentrionales qui connaissent plus de 6 mois de sécheresse. L'agriculture, la forme prédominante d'utilisation du terrain dans cette

région, y est fortement affectée par la longue saison sèche et par l'irrégularité de la pluviosité, la forte déclivité des pentes et la faible teneur du sol en éléments nutritifs. L'intensité des pluies provoque aussi une forte érosion, des inondations et des glissements de terrain. On pratique encore largement l'agriculture sur brûlis sur 43 % environ de l'ensemble de la terre arable de cette région. Combinée avec d'autres formes de culture en montagne, l'agriculture dans les zones sèches occupe 72 % environ de toutes les terres cultivées chaque année. Les pratiques de l'agriculture sur brûlis, sans aucun effort de conservation du sol, et conjuguées à un surpâturage, ont entraîné la dégradation du sol sur 48 % environ du territoire de la province. Celui-ci se caractérise par de vastes savanes herbeuses et par des collines fortement érodées, dont plusieurs sont couvertes d'*Imperata cylindrica*.

La faible productivité agricole moyenne, caractérisée parfois par des récoltes déficitaires, explique la faiblesse du revenu par habitant. Cela a conduit le gouvernement, dès l'époque de la domination hollandaise, à améliorer les pratiques agricoles et les systèmes de culture traditionnels. À la fin des années 1800, on a introduit la monoculture de la noix de coco, au niveau de la mer et sur les pentes jusqu'à une altitude de 600 m. Résultat : une grave érosion du sol et une dégradation de l'environnement des régions montagneuses.

On a introduit du bétail en provenance des îles de Java et de Bali au début des années 1900 dans le but d'inciter la population autochtone à pratiquer l'élevage commercial. Ce but n'a pas été atteint bien que l'on trouve actuellement de nombreuses têtes de bétail sur les îles Timor et Sumba (Metzner 1977). Le bétail s'est bien adapté à l'environnement, mais n'a guère contribué à améliorer l'alimentation de la population (Piggin et Parera 1984). Par ailleurs, la forte concentration des animaux en libre pâture a provoqué un surpâturage dans plusieurs régions.

De nombreux projets se sont soldés par des échecs, notamment les programmes de mécanisation partielle visant à encourager la culture sur de plus vastes étendues (comme à Sekon dans l'île de Timor), de réinstallation, et de culture intensive à basse altitude, pour les agriculteurs qui pratiquaient la culture itinérante lorsqu'ils vivaient dispersés dans la montagne. Par la suite, on a pensé résoudre les problèmes en changeant complètement les méthodes de culture : ajout du *Leucaena*, une plante déjà connue dans la région (Metzner 1976).

Introduction du *Leucaena leucocephala*

Le *Leucaena*, une espèce ligneuse bien adaptée aux tropiques et produisant du fourrage, originaire d'Amérique centrale, a été introduit en Asie par des marchands espagnols entre 1565 et 1825 qui ont aussi introduit aux Philippines une variété hawaiienne (NAS 1984). Des Hollandais, propriétaires de plantations, ont importé le *Leucaena* dans l'île de Java durant les années 1800, pour l'utiliser pour son ombre dans les plantations de thé, de cacao, de cinchona (quinquina), de café, et de vanille. On a remarqué ensuite que le *Leucaena* pouvait servir de support pour des plantes grimpantes, comme le poivre et la vanille, de bois de chauffage et de fourrage, de fumure à base de feuilles ou contribuer à la lutte contre l'érosion lorsque les arbres sont plantés en rangées le long des flancs de collines. En raison de ses nombreuses fonctions, particulièrement la lutte contre l'érosion, le *Leucaena* a été introduit au NTT durant les années 10 dans le cadre d'un effort visant à

remplacer la culture itinérante. L'espèce s'est bien adaptée aux conditions de sécheresse de la province; cependant, les agriculteurs ne l'ont accepté que difficilement à cause de sa rapide croissance. Quoiqu'il en soit, il existe plusieurs plantations de *Leucaena* dans diverses régions du NTT.

Sur l'île de Flores, le *Leucaena* a été introduit pour la première fois dans la région montagneuse de Lio (vers 1930). Il s'est répandu largement depuis cette époque. Cette vaste expansion vient du fait que les agriculteurs ont compris que le *Leucaena* convenait bien à leurs pratiques agricoles traditionnelles. Avec le *Leucaena*, la restauration de la fertilité du sol se faisait plus rapidement. De septembre à avril, les agriculteurs défrichaient de petites parcelles dans la forêt de *Leucaena* pour la production de riz et de maïs.

Dans les années 30, sur l'île de Timor, on a planté du *Leucaena* sur des champs qui étaient à l'abandon autour de Baun, dans le cadre d'une expérience supervisée par l'administration néerlandaise (Ormeling 1955; Metzner 1981). Depuis lors, il s'est répandu un peu partout. Selon une loi de 1932, chaque agriculteur en Amarasi, sur l'île de Timor, devait planter des rangées de *Leucaena* avec un espacement maximum de 3 m sur le périmètre des régions abandonnées après la récolte. Toute violation à cette règle supposait une amende ou une peine d'emprisonnement. Les plantations se sont développées vers l'est de Oekabiti et Burain après le décret du début des années 40 (Metzner 1981).

Cette réglementation locale a été renforcée en 1948 lorsque le gouvernement a obligé tous ceux qui pratiquaient la culture itinérante à planter le *Leucaena* le long des courbes de niveau (Ormeling 1955). De nos jours, le *Leucaena* forme une couverture si compacte, que, en Amarasi, les courbes de niveau ne sont pas très visibles. Cela vient du fait que les haies n'ont pas été élaguées et que les plants ont rapidement occupé les espaces séparant les haies (Metzner 1981). Selon Ormeling (1955), la superficie occupée par le *Leucaena* dans le district de Kupang sur l'île de Timor était de 465 ha en 1948, dont 437 ha étaient situés en Amarasi. Selon une estimation plus récente (Metzner 1981), le *Leucaena* recouvre environ les deux tiers du district d'Amarasi. Cela contribue grandement à l'élimination de la mauvaise herbe du lantanier (lantana). Selon Jones (1983) et Piggin et Parera (1984), la superficie occupée par le *Leucaena* croît en direction du sud et de l'est d'Amarasi.

La partie est de Sumba, qui est la plus sèche, est montagneuse et dénudée dans sa plus grande partie. Dans le jardin Isyak Daoriwu, à proximité de Waingapu, on a planté depuis 1936 du *Leucaena* sur une superficie de 3 ha environ. Ce petit champ de *Leucaena* diffère radicalement de l'étendue avoisinante dénudée et illustre bien son effet sur l'environnement.

Lamtoronisasi

Lamtoronisasi est un terme largement utilisé dans la région de Sikka, dans laquelle le *Leucaena* de type buissonneux de la variété hawaiienne sert à créer des haies de terrasses obliques sur les terrains en pente afin de lutter contre l'érosion (Fig. 1). En 1978, lorsque le «Hawaiian Giant» a été introduit, ce terme englobait également les variétés dites Salvador et Peruvian (Parera 1980).

La lutte contre l'érosion dans la région de Sikka a commencé en 1966 avec l'aménagement de terrasses. Cependant, comme cela suppose de durs travaux non

Fig. 1. Les haies de *Leucaena* servent à stabiliser les terrains montagneux et escarpés dans le district de Sikka à Flores en Indonésie.

immédiatement rentables, la population locale s'est montrée réticente à adopter cette méthode. Le Père H. Bollen, un prêtre allemand, a été impressionné par les possibilités du *Leucaena* dans la lutte contre l'érosion et la régénération des terres menacées. Il a créé une petite parcelle expérimentale en plantant des rangées suivant les courbes de niveau. Un an plus tard, un agriculteur local a fait un petit jardin. La stabilité du rendement de ce jardin sur une période de 3 ans de (1969 à 1971), a entraîné l'aménagement d'une parcelle de démonstration de terrasses obliques utilisant des rangées qui suivent les courbes de niveau de *Leucaena*, à intervalles de 5 m.

Un an après l'aménagement des haies de *Leucaena*, on a planté des girofliers entre les rangées de *Leucaena*. Le succès de cette expérience montre la capacité de croissance du *Leucaena* dans des conditions pénibles et la régénération subséquente du sol qui permet ensuite de planter des cultures plus rentables.

Encouragé par ces succès, l'administrateur local du district de Sikka a ordonné que l'on étende ces pratiques à d'autres régions du district. On a mis sur pied en 1973 un Groupe de lutte contre l'érosion du sol dans le district de Sikka. Ce groupe a été chargé de la formation des agriculteurs, de l'acquisition et de la distribution d'outils tels que des houes. Le terme *lamtoronisasi* (Parera 1980) a été proposé pour distinguer cette technique des autres formes de lutte contre l'érosion.

Pour promouvoir le *lamtoronisasi*, le Programme national d'intensification des cultures vivrières (PNICV), mis sur pied dans le district de Sikka depuis 1974, prépare des semences, des intrants et offre des facilités de crédit aux seuls agriculteurs qui ont planté du *Leucaena* sur leurs terres (Parera 1982). Les mêmes

dispositions ont été offertes aux agriculteurs désireux d'acheter de jeunes plants de cacao ou de girofle du Service de vulgarisation agricole. Comme ce projet a permis d'obtenir des rendements plus élevés, il a intéressé les agriculteurs locaux (le rendement du riz des montagnes est passé de 500–700 kg/ha, avec le système traditionnel, à 2–3 t/ha; celui du maïs a plus que doublé). Les agriculteurs ont fait également plus d'argent grâce à la culture du girofle qui se vend à des prix plus élevés que celui de la noix de coco que l'on cultivait auparavant.

Pour toutes ces raisons, on a planté plus de *Leucaena* depuis 1974 pour aménager des terrasses obliques et pour servir de support aux terrasses en gradins auparavant aménagées (Fig. 1). Vers 1982, des terrasses ont été aménagées sur environ 20 000 ha de terrain montagneux et plus de 2 millions de *lamtoro-gung* (Hawaiian Giant) ont été plantés dans le district de Sikka.

L'efficacité des haies de *Leucaena* pour combattre l'érosion et le ruissellement dépend largement du profil et de la date d'aménagement de ces haies; celles-ci doivent être plantées sur les courbes de niveau tout au début de la saison pluvieuse courte (4 mois). Les semences de la variété hawaiienne sont mises en terre directement dans des billons surélevés; on fait pousser d'abord dans des sacs de polythène les semences de Hawaiian Giants, puis on les transplante. On détermine les courbes de niveau, avec un espacement de 3–5 m à l'aide d'un niveau d'eau ou d'un simple T, après quoi on aménage des billons surélevés de 20 à 10 cm. On enterre les semences non traitées dans des billons, à raison de 70–100 kg de semences par hectare. La variété hawaiienne moins robuste convient mieux pour les haies en terrasses.

En élaguant périodiquement les haies (à une hauteur de 75–80 cm), on évite que le *Leucaena* devienne une mauvaise herbe, ce qui l'avait rendu inacceptable par les agriculteurs dans le passé. L'élagage se fait alors que les plants ont plus d'une année d'existence. Dans de nombreux cas, un élagage prématuré réduit le rendement des haies. Dans les zones de brûlis, la repousse du *Leucaena* peut être stimulée par l'élagage.

Les agriculteurs du district de Sikka utilisent peu les feuilles de *Leucaena*, comme fumure, mais les feuilles tombent autour des buissons pendant l'élagage. Les effets de la fumure sont alors les mêmes que dans le cas du paillage délibéré, la partie supérieure des terrasses bénéficiant davantage de cette pratique (Metzner 1976).

La présence des haies de *Leucaena* contribue également à améliorer le micro-climat. Quelques agriculteurs ont tenu compte de ces changements et ont commencé l'exploitation de cultures comme le poivre et le taro que l'on n'aurait pas pu cultiver autrement (Parera 1983). On a laissé parfois sans les couper des tiges solitaires de *Leucaena* dans les haies espacées de 3 m et on s'en est servi comme supports sur lesquels grimpent certaines espèces, dont la vanille.

Les feuilles de *Leucaena* entrent aussi dans l'alimentation des poulets et des porcs à Flores. Traditionnellement, l'élevage du gros bétail n'est pas important à Flores. On cherche à l'encourager depuis 1967, avec l'introduction de 100 têtes de Bali sous l'égide d'un programme de crédit gouvernemental. Cependant, selon Cunha (1982), on ne comptait que 50 têtes de gros bétail à Sikka en 1970; ce bétail appartenait en grande partie au Département d'élevage et à la Mission catholique.

L'élevage du gros bétail a encore été encouragé en 1978 avec l'introduction de

la variété Hawaiian Giant. Elle est plus productive, largement plantée dans les régions non exploitées, et se prête à l'approvisionnement des banques de fourrage. L'addition de 1 500 têtes de Bali au cours des deux années suivantes a porté la population du bétail à plus de 2 000 têtes vers le milieu de 1982 (Cunha 1982). On prévoit que, à l'avenir, les systèmes agricoles à base de *Leucaena*, à Sikka, comprendront également la production intensive et l'embouche de bétail, utilisant une méthode d'enlèvement des feuilles fraîchement coupées. Les agriculteurs sont habitués aux animaux entravés, car les chevaux sont traditionnellement au piquet (Piggin et Parera 1984).

Paronisasi

Le bétail de Bali a été introduit à Nusa Tenggara Timur vers 1912 pour combattre les pénuries alimentaires résultant en général de pratiques agricoles non adaptées (Monny 1979). Cependant, cet objectif n'a pas été pleinement atteint car la forte augmentation de la population et du bétail n'a pas été accompagnée par une intensification des méthodes de culture (Metzner 1977). Le bétail étant devenu plus nombreux (approx. 440 000 en 1977), l'approvisionnement en fourrage devenait insuffisant (Huitema et Doormal 1946). La pratique traditionnelle du brûlis et du surpâturage réduisait non seulement la qualité du fourrage mais aussi la capacité de ces prairies. Les avortements des vaches et les décès des veaux sont fréquents en saison sèche.

À Amarasi, sur l'île de Timor, la situation a été aggravée par la présence du *Lantana camara*, un arbuste ligneux observé pour la première fois à Timor vers 1912. Il a été introduit probablement comme plant ornemental ou avec du bétail à Kupang. Il s'est multiplié rapidement, progressant vers l'est entre 1915 et 1935. Vers 1949, cette herbe recouvrait 80 % environ du district d'Amarasi (Ormeling 1955; Metzner 1981).

Les propriétaires de bétail et les agriculteurs ne voient pas cette espèce du même oeil. Pour les éleveurs de bétail, cette plante n'est qu'une mauvaise herbe qui envahit la prairie et dont le bétail ne veut pas. Selon Metzner (1981), la chute de l'importance numérique du bétail (boeufs, buffles, chevaux) à Amarasi, passée de 6 000 en 1916 à 4 000 en 1948, était largement due à la prolifération du *Lantana*. Ormeling (1955) rapporte un nombre moins élevé de têtes de bétail au début des années 50 à Amarasi (60/km^2 et 50 par 1 000 habitants) par comparaison avec la moyenne de l'île de Timor (170 et 450, respectivement). Cependant, l'agriculteur qui pratique la culture itinérante apprécie le *Lantana* qui pousse rapidement et peut réduire de 15 à 5 ou 6 ans les périodes de jachère. Il forme rapidement un couvre-sol, maintient un bon sol et réduit la croissance des autres mauvaises herbes. Cela permet de diminuer le temps de préparation du sol pour les cultures subséquentes (Ormeling 1955). Sous l'influence de puissants propriétaires de bétail, on a essayé vers 1955 de lutter par des moyens biologiques contre le *Lantana* en utilisant le *Teleonemia lantanae* et des herbicides (Ormeling 1955; Metzner 1981). Ces méthodes ont eu peu de succès et cet objectif n'a été atteint qu'en remplaçant le *Lantana* par du *Leucaena*, une solution acceptable tant pour les éleveurs que pour les agriculteurs (Piggin et Parera 1984).

En 1971, le gouvernement provincial a stimulé la production de bétail à Timor en introduisant avec succès le *paronisasi* (Fig. 2). Les agriculteurs participant à ce programme reçoivent un taureau qu'ils doivent nourrir avec les déchets des cultures

Fig. 2. Bétail nourri avec du fourrage de *Leucaena*.

vivrières et des produits des plantations. Lorsque l'animal atteint le poids requis pour l'exportation et qu'il est vendu, le gouvernement et l'agriculteur se partagent les bénéfices. Cela a servi de base à un large programme privé en vertu duquel des exportateurs et des individus possédant de larges troupeaux envoient leurs animaux à l'embouche et partagent les bénéfices avec l'agriculteur (ACDI 1980).

Le district d'Amarasi bénéficie au maximum de ce programme car on y dispose en abondance de *Leucaena* pouvant servir de fourrage. Selon Metzner (1981) et Jones (1983), l'agriculteur moyen à Amarasi a à sa charge une famille d'environ six personnes et possède 2 ha de terre sur lesquels la densité du *Leucaena* est d'environ 10 000 arbres/ha. Un tiers de la terre de l'agriculteur sert à planter le maïs et d'autres cultures vivrières avec une rotation triennale; les deux autres tiers servent à fournir du fourrage au bétail entravé.

Celui-ci reçoit chaque matin et chaque après-midi 15 à 20 kg de fourrage de *Leucaena* et d'autres légumineuses. Pour une famille possédant trois boeufs, il faut

plus de 100 kg/jour de brout. Le *Leucaena* planté de façon dense sur 1 ha peut répondre habituellement à cette exigence. Les boeufs et les chèvres qui ont été nourris seulement avec du *Leucaena* pendant 6 mois n'ont manifesté aucun symptôme d'intoxication par la mimosine. Des boeufs d'un an (Fig. 2) achetés sur les marchés locaux pour environ 75 000 IDR (en 1985) sont engraissés pendant 18 mois environ et vendus pour trois fois leur prix d'achat (en décembre 1988, 1 750 roupies indonésiennes [IDR] = 1 dollar US [USD]).

Le *Leucaena* a profité également à d'autres cultures comme la banane, la papaye et la noix de coco. On pratique actuellement la culture intercalaire de ces cultures avec le *Leucaena*. La tige du bananier constitue une source d'eau pour le bétail qui s'en nourrit.

Développement de la culture en couloirs

L'impact du *lamtoronisasi* à Sikka et du *paronisasi* à Amarasi a poussé le gouvernement et les organismes privés de d'autres districts à utiliser le *Leucaena* pour accroître la fertilité du sol et la production agricole. Le Programme provincial de développement est géré par la Direction générale du développement régional, Ministère de l'Intérieur, et l'United States Agency for International Development (USAID). Ces deux organismes gèrent ensemble trois projets sur l'île de Timor, un sur l'île de Flores et un sur l'île d'Alor. Ces projets visent notamment à aider les agriculteurs défavorisés à accroître leurs revenus et leur niveau de vie. Comme l'agriculture prédomine dans ces régions, l'intégration du *Leucaena* au système agricole constitue l'un des principaux buts du Programme provincial de développement (Prussner 1981).

En 1980, des semences de Hawaiian Giant ont été importées de Sikka et plantées dans des jardins situés dans les cours et dans des champs cultivés en couloirs. Dans ces derniers, on a planté des semences en double rangées rectilignes, distantes de 45 m, dans les régions plates et en rangée unique suivant les courbes de niveau dans la région montagneuse. Dans ces dernières régions, les espacements entre les rangées dépendent des pentes. Des essais concernant le rendement des cultures vivrières utilisent les feuilles vertes de *Leucaena* comme fumure en quelques-uns de ces endroits et sur les champs des agriculteurs.

Le Projet de développement du gros bétail de NTT vise à améliorer et à stabiliser les systèmes de culture au NTT grâce à une meilleure gestion du bétail et à des cultures plus régulières. Le Département de l'élevage et le Bureau australien d'aide au développement mènent actuellement sur 4 000 ha dans la région située au sud du centre de Timor un projet pilote qui vise à déterminer la technologie la plus appropriée.

Le projet a démarré en mars 1982. En janvier 1984, on avait ensemencé 400 ha environ suivant des rangées épousant les courbes de niveau avec *L. leucocephala* (cv. K-8, cv. K-28, cv. Cunningham), *Sesbania grandiflora*, *Macroptilium atropurpureum*, *Stylosanthes hamata*, *Stylosanthes scabra*, *Bothriochloa pertusa*, et *Chloris gayana* afin de démontrer la stabilisation des retenues et la production de fourrage. La pousse initiale était excellente.

On a établi également du *Leucaena* dans des zones de démonstration de 1 à 3 ha, en cinq emplacements, dans les quatre villages avoisinants la région du projet, afin

de faire la preuve de la stabilité des systèmes de cultures. Plusieurs essais expérimentaux utilisant le *Leucaena* ont été réalisés. Les expériences portent sur :

- la productivité du *Leucaena* (cv. K-8, cv. Cunningham, local) et *S. grandiflora* avec et sans des engrais phosphatés;
- la contribution en azote du *Leucaena* et d'autres essais de rotation de cultures et de pâturage;
- le meilleur moment pour la mise en terre du *Leucaena* et d'autres espèces de pâturage, les méthodes d'ensemencement et de traitement des semences.

Dès que la technologie appropriée aura été identifiée, le projet sera étendu à d'autres régions du district.

Selon les premiers résultats obtenus :

- les variétés géantes sont plus productives que la variété locale;
- on peut planter avec succès quelques mois avant la saison pluvieuse;
- on encourage la constitution de nodules et une pousse productive en enrichissant le sol avec de la terre provenant d'un champ où pousse déjà du *Leucaena* (Piggin et Parera 1984).

Les projets de World Neighbors dans l'est de Sumba et à Ende (sur l'île de Flores) visent à améliorer l'approvisionnement en eau et la production agricole. Ils portent particulièrement sur le district aride de l'est de Sumba et sur les collines érodées et escarpées du sud d'Ende. Le but de ces projets est la stabilisation du terrain et la lutte contre l'érosion au moyen du *Leucaena*.

À Sabu, une petite île, érodée et dénudée, située à mi-chemin entre Timor et Sumba, IRAE, une organisation locale, aménage des terrasses verticales avec du *Leucaena* sur de petites retenues. On a pu obtenir ainsi de meilleurs rendements en maïs et en sorgho et on a pu introduire de nouvelles cultures comme les oignons, les légumes assortis et des citronniers.

La Mission catholique, agissant soit directement soit en collaboration avec le gouvernement local, contribue activement à la promotion du programme de *lamtoronisasi* dans certains districts. À Sikka, la mission gère un Institut de formation d'agriculteurs à Waigete. L'Institut forme de jeunes agriculteurs venant de Sikka et d'autres districts aux méthodes culturales en zones arides.

Un programme à grande échelle de *lamtoronisasi* est en cours à Ende depuis 1984. Pendant la saison pluvieuse de 1984, on a ensemencé de *Leucaena* une grande superficie de terres agricoles.

Lokomea, un petit village au nord de la région centrale du Timor, constitue le meilleur exemple du succès de la variété géante de *Leucaena*. Des jardins se trouvant dans des cours arides appartenant à des familles de petits propriétaires ont été transformés en zones d'une verdure luxuriante à la suite de l'introduction du *Leucaena*. On peut cultiver désormais avec succès la papaye, les bananes, les ananas et des légumes. Le programme de *paronisasi* a déjà permis d'accroître le revenu des habitants du village. On a déjà aménagé des terrasses sur 50 ha environ de terrain agricole avoisinant en réalisant la culture intercalaire du *Leucaena* avec

des ananas et des herbes fourragères (plantées en contrebas des haies). On a introduit également de nouvelles cultures comme le poivre et le cacao.

Thèmes et résultats des recherches

Il faudra faire davantage de recherche pour déterminer s'il faut utiliser la variété Hawaiian Bushy ou la variété Hawaiian Giant du *Leucaena* pour aménager des terrasses obliques. À Sikka, on utilise la variété buissonneuse hawaiienne pour des terrasses obliques et pour clôturer les jardins dans les cours. Le Hawaiian Giant donne de l'ombre ou, planté seul ou dans des prairies, constitue une source de fourrage ou de bois. La variété buissonneuse hawaiienne qui pousse moins vite et qui est plus courte, est plus adaptée aux endroits où des plantes grimpantes sont exploitées, comme dans le cas du poivre et de la vanille. Cependant, dans certains des villages touchés par le Programme provincial de développement et les projets du World Neighbors, on préfère les variétés géantes pour les terrasses obliques. Des élagages plus fréquents des haies des variétés géantes (une fois toutes les 4 semaines au lieu d'une fois toutes les 7 semaines avec le type buissonneux) sont évidemment avantageux pour l'agriculteur car le bétail y trouve plus de brout.

Pour obtenir un ombrage partiel en zone de cultures vivrières, certains agriculteurs de Sikka pratiquent une incision annulaire sur les arbres de la variété géante en enlevant un anneau d'écorce d'une largeur de 20 cm, à une hauteur de 1,5 m au-dessus du sol. Cela permet d'obtenir un ombrage partiel jusqu'au premier sarclage. Le micro-climat ainsi aménagé favorise la croissance précoce de certaines cultures vivrières (spécialement le riz des montagnes et le maïs). Il permet à ces cultures de supporter une extrême sécheresse. La nouvelle pousse qui croît au-dessous de l'incision annulaire est élaguée pour ne permettre qu'à un seul bourgeon de former un nouvel arbre. Une fois qu'on a récolté les cultures vivrières, on coupe la partie morte de l'arbre au-dessus de l'incision annulaire pour en faire du bois de chauffage. Certains propriétaires de petites plantations de café et d'autres cultures vivaces qui avaient utilisé la variété géante pour son ombrage ont profité du fait que ces arbres jouent le rôle de brise-vent. Cependant, des chutes de branches et de fortes concentrations de gouttes de pluie peuvent endommager les récoltes (Parera 1984a,b; NAS 1984).

Le programme de *paronisasi* qui se fonde sur le système de l'enlèvement des feuilles fraîchement coupées n'est pas favorable à la conservation du sol : la bouse des boeufs reste dans les jardins aménagés dans les cours. Pour tirer parti de ce fumier, le Programme provincial de développement a entamé, en 1985, la construction d'étables provisoires dans le champ, sur l'une des allées. En 1986, devenue plus fertile cette allée a servi à des cultures vivrières; ensuite d'autres seront construites sur d'autres allées (Parera 1985). Cette étude a montré également que le *Leucaena* pousse bien lorsqu'il est semé avec du maïs; dans ce cas, le rendement du maïs reste le même.

Conclusions

Le succès de l'introduction du *Leucaena* reflète sa bonne adaptation aux conditions pénibles et arides de Nusa Tenggara Timur et montre qu'il répond aux

besoins des agriculteurs locaux. Le *Leucaena* améliore le sol ainsi que le micro-climat; on peut donc introduire de meilleures techniques agricoles. La variété Hawaiian Giant qui pousse vite peut aussi devenir une culture commerciale. Les agriculteurs ont déjà tiré de bons revenus de la vente du bois, des feuilles et des semences du *Leucaena*.

En dépit de ces résultats remarquables, il reste encore beaucoup à faire au NTT pour améliorer l'environnement et la qualité de la vie grâce à l'utilisation d'espèces ligneuses comme le *Leucaena*. On devra mener des recherches plus poussées au sujet de l'intégration d'autres espèces légumineuses dans le système.

Références

ACDI (Agence canadienne de développement international). 1980. Timor island water resources development study. Final Report, juin 1980. ACDI, Hull, Québec, Canada. Animal Husbandry, 13.

Cunha, I. 1982. Proses usaha Lamtoronisasi di kabupaten Sikka, [Programme *Lamtoronisasi* dans la région de Sikka], LPPS Nita, Maumere, Flores, Indonésie.

Huitema, H., Doormal, V. 1946. Tentang Makanan Hewan [Fourrage]. Animal and Agricultural Extension Service, Koepang, Indonésie. Circular Letter 1000/VII-A.

Jones, P.H. 1983. *Leucaena* and the Amarasi model from Timor. BAPEDA, Kupang, Indonésie. 12 p.

Metzner, J.K. 1976. Lamtoronisasi: an experiment in soil conservation. Bulletin of Indonesian Studies, 12 mars, 103–109.

_____ 1977. Disequilibrium of agricultural regions in the Lesser Sunda Islands; consequences for geoecological regional planning. South Asia Institute, Heidelberg, FRG. 78 p.

_____ 1981. The old in the new: autochthonous approach towards stabilizing an agroecosystem — the case of Amarasi (Timor). GeoAbstracts D (Social and Historical Geography).

Monny, M.J. 1979. Prospek dan masalah pengembangan peternakan di Nusa Tenggara Timur dalam hubungannya dengan usaha «menuju gudang ternak» dalam peta perekonomian Indonesia [Problèmes et projets pour le développement de l'élevage au NTT en vue de faire du bétail une source économique en Indonésie]. Dinas Peternakan, Kabupaten Dati II Flores, Larantuka, Indonésie. 81 p.

NAS (National Academy of Sciences). 1984. *Leucaena*, promising forage and tree crop for the tropics. 2e éd. NAS, Washington, DC, É.-U.

Ormeling, F.J. 1955. The Timor problem. J.B. Walters, Groningen, Pays-Bas.

Parera, V. 1980. *Lamtoronisasi* in Kabupaten Sikka. *Leucaena* Newsletter, 1, 13–14.

_____1982. Cara penanaman dan pemeliharaan Lamtoro di kabupaten Sikka [Plantation et soins du *Leucaena* dans la région de Sikka]. *In* Proceedings: Seminar Nasional Lamtoro I, 23–25 août, Jakarta, Indonésie.

_____1983. *Leucaena* for erosion control and green manure in Sikka. *In Leucaena* research in the Asian–Pacific region: proceedings of a workshop held in Singapore, 23–26 novembre 1982. Centre de recherches pour le développement international, Ottawa, Ont., Canada. IRDC-211e, 169–172.

_____1984a. Giant Lamtoro in the land of the trees. *Leucaena* Research Reports, 3, 44.

_____ 1984b. Some positive effects of the girdling system. *Leucaena* Research Reports, 5, 51–52.

_____ 1985. Cattle stables between *Leucaena* rows. *Leucaena* Research Reports, 6, 59.

Piggin, C.M., Parera, V. 1984. The use of *Leucaena* in Nusa Tenggara Timur. *In* Craswell, E.T., Tangendjaja, B., éd., Shrub legumes in Indonesia and Australia. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, ACT, Australie. Proceedings Series 3, 19–27.

Prussner, K.A. 1981. *Leucaena leucocephala* farming system for agroforestry and the control of swidden agriculture. *In* Seminar: Agroforestry and the Control of Swidden Agriculture, 19–21 novembre 1981, Bogor, Indonésie. Forest Research Institute, Bogor, Indonésie.

La culture en couloirs en Sierra Leone

D.S. Amara

Département d'agronomie, Collège universitaire de Njala, Freetown, Sierra Leone

Résumé *— La présente étude porte sur des recherches visant la culture en couloirs au Collège universitaire de Njala, Sierra Leone. On trouvera ci-après l'énoncé des objectifs et certaines données relatifs à cette étude, ainsi que d'autres renseignements concernant des études menées récemment sur la culture en couloirs.*

Introduction

Si la culture en couloirs pouvait constituer une solution de remplacement à la culture en jachère forestière, la Sierra Leone en profiterait certainement pour les raisons suivantes :

- La plupart des forêts initiales ont disparu sous l'effet de la culture itinérante et de la collecte du bois de chauffage.
- Les cycles de la jachère et de la moisson ont été raccourcis en raison de pressions démographiques et autres qui s'exercent sur le terrain agricole. La durée de la période de jachère est actuellement de 5–8 ans et la période de culture est de 2 ans. Cela a contribué à la baisse de la fertilité et des rendements en cultures sur les hautes terres de la Sierra Leone.
- Les aliments pour le bétail sont insuffisants en saison sèche (octobre/novembre–février/mars). Pendant cette période, une grande partie de l'herbe se dessèche et le bétail ainsi que les petits ruminants ne peuvent consommer que des aliments de mauvaise qualité.

Il est donc nécessaire de chercher une autre solution, un système économique pouvant maintenir la fertilité du sol et les rendements en cultures pendant un temps relativement long. Un tel système devrait également permettre la production de fourrage pour les animaux.

Bien que la culture en couloirs soit très prometteuse en tant que solution de remplacement à la jachère forestière, il est indispensable de tester et d'identifier des légumineuses à croissance rapide utilisables dans le cadre du système. Habituellement, on préfère une espèce indigène qui convient aussi bien ou mieux qu'une espèce exotique.

La présente étude met en valeur une recherche qui a été menée au Collège

universitaire de Njala (NUC) en Sierra Leone. Cette étude se veut un préalable à toute culture en couloirs au pays.

Recherche au NUC

Arbres fixateurs d'azote

Le projet de recherche sur les arbres fixateurs d'azote (AFA) a débuté en 1984 grâce à des fonds fournis par le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) et l'Université de la Sierra Leone. Le projet avait pour objectif de recueillir, de distribuer et d'évaluer des espèces afin d'identifier celles qui peuvent être intégrées à un système de jachère et à d'autres systèmes agroforestiers en Sierra Leone.

Un recensement des espèces mené à l'échelle nationale a permis de recueillir et d'identifier 69 variétés comprenant 19 espèces (Amara 1985a). Quatorze de ces variétés ont été distribuées et mises en terre pour des évaluations expérimentales dans différents types de sol au nord, au sud et à l'est de la Sierra Leone (Tableau 1). Parmi les meilleures espèces qui s'adaptent le plus facilement, on remarque : *Albizia falcataria*, *Albizia lebbeck*, *Cassia alata*, *Cassia siamea*, *Delonix regia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* cv. K-8, et *L. leucocephala* cv. K-28.

Évaluation du Gliricidia

L'évaluation du *Gliricidia* est assurée par le Centre international pour l'élevage en Afrique et ce projet est financé par le CRDI. Cette expérience, commencée au mois de juin 1985, visait à identifier les espèces pouvant être broutées en saison sèche et pouvant servir de paillis pour la culture en couloirs. Après 8 mois, les résultats indiquent que les meilleures espèces sont : ILG 52, NLGO, HYP-bulk et ILG 63 (Amara 1985b). Dans les rangées de *Gliricidia*, on plantera du maïs pendant la campagne 1986, après la récolte des arbres.

Leucaena–Gliricidia

Le *Leucaena* et le *Gliricidia* sont soumis à une culture continue afin de vérifier si le niveau de rendement des récoltes et la fertilité du sol se maintiendront pendant 5 ans au moins. Les parcelles ont été aménagées en juin 1985 et les traitements suivants ont commencé en 1986 :

- maïs seulement;
- culture en couloirs de *Leucaena* avec du maïs (pas d'utilisation des feuilles élaguées);
- culture en couloirs de *Leucaena* avec du maïs (application des feuilles élaguées);
- culture en couloirs de *Leucaena* avec du maïs (application de feuilles élaguées + 0,25 N–P–K) — un quart de N–P–K est recommandé pour le maïs);

Tableau 1. Arbres fixateurs d'azote établis pour évaluation dans les régions nord, sud et est de Sierra Leone.

Nord (séries de sol Tubum)	Sud (séries de sol Njala)	Est (séries de sol Manowa)
Acacia nilotica	*Acacia nilotica*	*Acacia nilotica*
A. senegal	*A. senegal*	*A. senegal*
Adenanthera pavonina	*Adenanthera pavonina*	*Adenanthera pavonina*
Albizia lebbeck	*Albizia falcataria*	*Albizia lebbeck*
Cassia siamea	*A. lebbeck*	*Cassia siamea*
Delonix regia	*Cassia alata*	*Delonix regia*
Enterolobium cyclocarpum	*C. siamea*	*Enterolobium cyclocarpum*
Gliricidia sepium (Ex IIAT)	*Delonix regia*	*Gliricidia sepium* (Ex IIAT)
G. sepium (collection locale)	*Enterolobium cyclocarpum*	*G. sepium* (collection locale)
Leucaena leucocephala cv. K-8	*Gliricidia sepium* (Ex IIAT)	*Leucaena leucocephala* cv. K-8
L. leucocephala cv. K-28	*G. sepium* (collection locale)	*L. leucocephala* cv. K-28
	Leucaena leucocephala cv. K-8	
	L. leucocephala cv. K-28	
	Sesbania grandiflora	

- culture en couloirs de *Gliricidia* avec du maïs (pas d'utilisation des feuilles élaguées);
- culture en couloirs de *Gliricidia* avec du maïs (application de feuilles élaguées);
- culture en couloirs de *Gliricidia* avec du maïs (application des feuilles élaguées + 0,25 N–P–K).

Autres études

Des chercheurs de l'Adaptive Crops Research and Extension (ACRE) et de l'Oxford Forestry Institute du Royaume-Uni ont commencé d'autres études sur la culture en couloirs. En Sierra Leone, les travaux se sont concentrés jusqu'à présent sur des recherches préliminaires en vue de travaux ultérieurs sur la culture en couloirs, soit identifier les espèces que l'on pourrait utiliser. Cela ayant été fait, les chercheurs de la Sierra Leone sont prêts à accepter et à mettre à l'essai la technologie de la culture en couloirs.

Références

Amara, D.S. 1985a. Nitrogen fixing trees — Progress report from Njala University College, University of Sierra Leone, Freetown, Sierra Leone. Centre de recherches pour le développement international, Ottawa, Ont., Canada.

_____ 1985b. ILCA *Gliricidia* evaluation trial — Progress report for the period from June to October 1985. Njala University College, University of Sierra Leone, Freetown, Sierra Leone.

La culture en couloirs au Cameroun

J. Tonye

Institut camerounais de recherche agronomique, CP 2067, Yaoundé, Cameroun

Résumé *— L'Institut camerounais de recherche agronomique a introduit en 1984 la culture en couloirs dans les basses terres de forêts pluviales. Selon les résultats préliminaires des essais réalisés en station, il existe des différences entre les espèces et les cultivars de* Leucaena *en ce qui concerne les taux de croissance.*

Introduction

La production de cultures et la productivité agricole, dans la région des basses terres de forêts pluviales du Cameroun, sont entravées par les difficultés que posent la préparation de la terre, la faible fertilité du sol et le coût élevé de l'engrais. Pour améliorer les rendements des cultures obtenus sur les exploitations agricoles des basses terres, on a introduit en 1984 la culture en couloirs dans le cadre du Programme des systèmes agricoles de l'Institut camerounais de recherche agronomique. Dans la zone cible pour la culture en couloirs, de petits agriculteurs pratiquent encore la méthode d'agriculture sur brûlis et de cultures mixtes (Atayi et Ndjeunga 1985). Dans le cadre de ce système, de brèves périodes de culture alternent avec de longues périodes de jachère afin de restaurer la fertilité du sol. Pendant la période de jachère, la couverture des plants protège le sol de l'érosion, accroît la fertilité du sol et abaisse la température du sol, tout en freinant la propagation des mauvaises herbes (Nye et Greenland 1965).

Étant donné que les agriculteurs n'ont pas les moyens de se procurer des engrais chimiques coûteux, il importe de mettre au point des technologies de gestion des sols à faible coût et pouvant favoriser la production des cultures. Une de ces technologies est la culture en couloirs. Comme la culture intercalaire est une autre caractéristique de l'agriculture dans la région des basses terres, il est important que des études sur les cultures intercalaires viennent s'intégrer au système de culture en couloirs.

L'addition d'azote au sol au moyen d'espèces légumineuses ligneuses constitue un des principaux avantages de la culture en couloirs. Selon Kang et al. (1984), 15 t de feuilles de *Leucaena* fraîchement coupées fournissent annuellement 160 kg N/ha, 15 kg/ha P, et 150 kg K/ha aux entisols sablonneux du Nigéria. Guevarra et al. (1978) font état d'une fixation d'azote pouvant aller jusqu'à 500 kg N/ha, à Hawaï, dans des conditions de croissance favorables. Rachie (1983)

mentionne un rendement en azote de 127 kg/ha pour des plants de *Leucaena* âgés de quatre mois et qui ont poussé dans la vallée de Cauca en Colombie. Grâce à la culture en couloirs, les agriculteurs seront en mesure d'exploiter une parcelle pendant de nombreuses années. Aussi, on aura besoin de moins de main-d'oeuvre pour défricher la forêt et abattre les arbres. Par ailleurs, on sera en mesure de maintenir et d'améliorer la fertilité du sol; par conséquent, la production agricole et la productivité augmenteront dans cette région.

Régions étudiées et méthodes employées

Caractéristiques biophysiques

L'Institut camerounais pour la recherche agronomique a divisé la Sierra Leone en trois grandes zones : les hautes terres, les basses terres couvertes de forêts pluviales, et les basses terres ne recevant qu'une faible pluviosité. Les basses terres couvertes de forêts pluviales sont situées entre 2 et 5° N et 10 et 16° E. La principale caractéristique de la zone est une forêt à feuilles persistantes et semi-caduques qui recouvre plus de 60 % de la terre arable. Presque tous les petits agriculteurs s'adonnent à la pratique de l'agriculture sur brûlis et à des cultures mixtes. Les sols sont acides; il s'agit d'ultisols et d'oxisols fortement désagrégés, avec de l'argile faiblement active et de faibles réserves d'éléments nutritifs.

Quatre cultures sont toujours présentes dans les champs : le manioc, l'arachide, le maïs et le plantain. On pratique la culture intercalaire avec ces cultures et avec diverses autres légumineuses. On élève dans la région des moutons, des chèvres et des poulets; on n'y trouve pas de bovins. Les principales cultures commerciales sont le cacao, le café et l'huile de palme. Les femmes cultivent les cultures vivrières; les hommes se chargent généralement des cultures commerciales. On distingue deux récoltes : mars à juin et août à décembre. On a réalisé des essais en station dans la zone de forêts pluviales, dans la région de Yaoundé.

Essais en station

On prévoit que les études en station sur la culture en couloirs se prolongeront pendant 7 ans (1982–1988). De 1982 à 1984, de nombreuses semences de légumineuses ligneuses ont été importées de régions dont l'environnement est identique à celui des basses terres du Cameroun. Les pratiques adoptées ailleurs ont également servi à la mise en terre et à la gestion des semences. Les mieux adaptés d'entre eux sont le *Leucaena leucocephala* cultivar K-28 et cultivar Cunningham et *Leucaena diversifolia*. Pendant la même période, on a mené des études sur la culture intercalaire. On a mis au point les techniques nécessaires à la culture intercalaire du maïs et de l'arachide, du maïs et du manioc, et du maïs et du miébé ou du soja. En 1985, on a planté des cultures associées dans des rangées déjà établies afin d'évaluer les effets des élagages de *Leucaena* sur les cultures mixtes. On étudiera le sol ainsi que les paramètres relatifs à leur croissance. On produira des semences de *Leucaena* en vue de leur distribution à certains agriculteurs.

Essais en ferme

Les essais en ferme dureront pendant 3 ans (1989–1991). Les résultats obtenus lors des essais en station seront mis à l'épreuve dans les champs de certains agriculteurs. On observera leurs réactions et leur comportement. Les données ainsi recueillies serviront à modifier les leçons tirées des essais en station afin de mieux répondre aux conditions particulières des agriculteurs.

L'étape de la vulgarisation

L'étape de la vulgarisation durera au moins 3 ans. Si la réaction des intéressés est bonne, les méthodes mises au point seront appliquées dans toutes les terres basses, dans la zone de forêts pluviales. D'ici là, on espère qu'on aura identifié d'autres espèces ligneuses bien adaptées à cette zone.

Résultats et discussion

De toutes les espèces de légumineuses ligneuses mises à l'essai entre 1982 et 1984, quatre seulement se sont montrées prometteuses. Sept mois après avoir été planté, le *L. diversifolia* avait atteint la plus grande taille (>2 m), suivi par le *L. leucocephala* cv. Cunningham; les cultivars K-636 et K-28 ont connu le moins de croissance (<1,5 m). Tous les cultivars de *Leucaena* ont poussé rapidement pendant les trois premiers mois. Les plus forts taux de croissance ont été observés avec le *Leucaena diversifolia* et avec le cultivar Cunningham. Six mois après avoir été planté, le taux de croissance était très faible. Le *Leucaena diversifolia* a donné, 7 mois après avoir été planté, le rendement en biomasse le plus élevé au-dessus du niveau du sol (<3 t). Le K-636 a donné le rendement le plus faible (<2 t). Il n'existait aucune différence dans les rendements en biomasse entre le K-28 et le cultivar Cunningham (Fig. 1).

À partir de ces observations, on peut conclure que ces cultivars de *Leucaena* ont une capacité d'adaptation qui va de faible à moyenne. Cela est probablement dû à l'acidité du sol sur le site des essais (pH <5,0).

Expérience agroforestière à Edea

De 1978 à 1982, une expérience agroforestière a été réalisée à Edea, dans la province littorale du Cameroun (Maimo 1983). Cette expérience visait notamment à introduire des espèces locales et exotiques de légumineuses ligneuses que les agriculteurs pourraient utiliser à diverses fins dans l'industrie forestière. Les semences exotiques provenaient de zones agro-écologiques similaires. Des observations faites 18 mois après les plantations ont montré que 3 seulement des 28 espèces introduites avaient connu une croissance satisfaisante : *Albizia falcataria*, *Albizia lebbeck* et *Phithe colobium*. Ce projet agroforestier n'a duré que 4 ans.

En 1986, on a pratiqué à Yaoundé des expériences de culture intercalaires avec

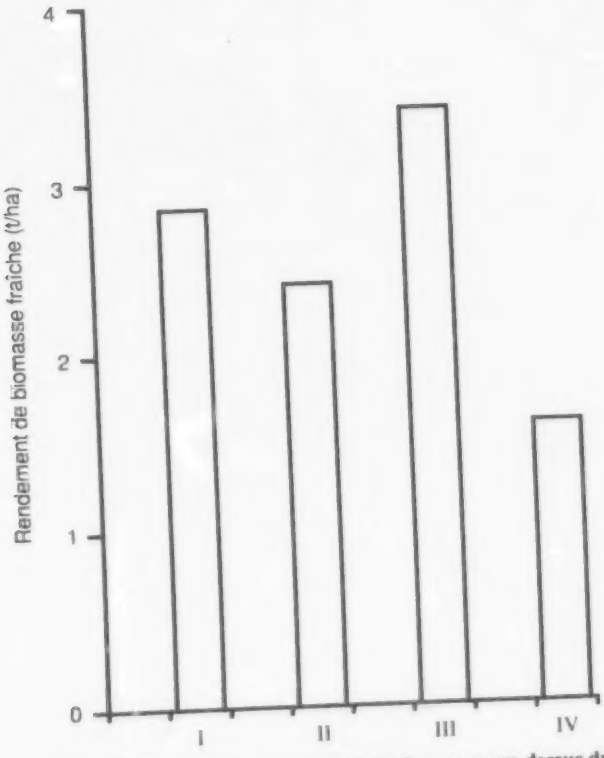

Fig. 1. Rendement en biomasse de quatre variétés de *Leucaena* au-dessus du niveau du sol à Yaoundé (7 mois après la plantation). I, *L. leucocephala* cv. Cunningham; II, *L. leucocephala* cv. K-28; III, *L. diversifolia*; IV, *L. leucocephala* cv. K-636.

le maïs et l'arachide, et avec le maïs et le manioc. Les effets des élagages de *Leucaena* sur les cultures ont été évalués.

Conclusion

La culture en couloirs retient les éléments fondamentaux de la culture en jachère forestière tout en introduisant d'importantes améliorations. Cela rend possible la culture soutenue et continue de cultures vivrières. Pour les agriculteurs, les principaux avantages de la culture en couloirs sont le recyclage biologique des éléments nutritifs, la conservation du sol, la suppression des mauvaises herbes et la réduction de la charge de travail.

La culture en couloirs demeure encore une technologie très nouvelle au Cameroun. Selon des observations préliminaires, le *L. leucocephala* cv. K-28 et cv. Cunningham ont une capacité d'adaptation qui vont de faible à moyenne dans les terres basses du Cameroun. Il faudra introduire et évaluer de nouvelles espèces de

légumineuses ligneuses pour pouvoir identifier des plants qui se prêtent le mieux à la culture en couloirs sur sol acide. Étant donné que les agriculteurs traditionnels pratiquent la culture intercalaire, il faudra aussi mener des recherches plus poussées dans ce domaine.

Remerciements

Je remercie son Excellence le ministre de l'Éducation supérieure et de la Recherche scientifique du Cameroun qui m'a permis de participer à ce colloque international sur la culture en couloirs.

Références

Atayi, E.A., Ndjeunga, J. 1985. Agro-socio-economical report of NTUI Division, Institute of Agronomic Research, Njombe, Cameroun. Rapport annuel.

Guevarra, A.B., Whitney, A.S., Thompson, J.R. 1978. Influence of intra-row and cutting regimes on the growth and yield of *Leucaena*. Agronomy Journal, 70, 1033–1037.

Kang, B.T., Wilson, G.F., Lawson, T.L. 1984. Alley cropping, a stable alternative to shifting cultivation. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigéria.

Maimo, A.M. 1985. Final technical report on the Agroforestry Research Project, Edea, Cameroun. Institute of Agronomic Research, Njombe, Cameroun.

Nye, P.H., Greenland, D.J. 1965. The soil under shifting cultivation. Commonwealth Bureau of Soils, Rothamsted Experiment Station, Harpenden, R.-U. Technical Communication 51.

Rachie, K.O. 1983. Intercropping leguminous trees with annual crops. *In* Huxley, P.A., éd., Plant research and agroforestry. International Council for Research in Agroforestry, Nairobi, Kenya, 103–116.

La culture en couloirs dans la région côtière du Kenya

A. Getahun[1] et B. Jama[2]

[1]Kenya Renewable Energy Development Project, Box 62360, Nairobi, Kenya;
[2]Mtwapa Agroforestry/Energy Centre, Box 90290, Mombasa, Kenya

Résumé *— On a réalisé des essais en station et en ferme utilisant des espèces ligneuses multifonctionnelles ou légumineuses ainsi que des arbustes. L'étude portait en partie sur l'évaluation de ces espèces ligneuses en vue de l'amélioration des cultures et du fourrage, ainsi que pour l'augmentation de la fertilité du sol. Le présent document fait état de quelques-uns des résultats obtenus avec* Leucaena, Sesbania, Casuarina, Gliricidia, *et* Acacia albida, *dans la région côtière du Kenya. Les espèces ligneuses poussent bien dans la région côtière. Le maïs, en culture intercalaire avec des espèces ligneuses pendant les deuxième et troisième années, a eu un faible rendement, particulièrement là où la densité des arbres est plus forte. L'élagage des haies de* Leucaena *et de* Gliricidia *ont généré des quantités substantielles de biomasse et d'azote. Au cours de la troisième année suivant la plantation, et après élagage des haies, le maïs cultivé en couloirs avec le* Leucaena *a donné un rendement supérieur à celui de la parcelle témoin. Les arbres ont accru la fertilité du sol et réduit la prolifération des mauvaises herbes. En 3 ans,* Leucaena *et* Casuarina *peuvent produire respectivement 175 t/ha et 86 m³/ha de bois commercial.*

Introduction

La région côtière du Kenya diffère du reste du pays tant du point de vue écologique que du point de vue économique. Son développement socio-économique rapide et sa forte croissance démographique ont entraîné une grave dégradation de l'environnement en raison du développement des cultures vivrières et de la déforestation.

La pluviosité annuelle varie considérablement, de 600 mm jusqu'à plus de 2 000 mm. Au cours de la période d'essai (1982–1985), la pluviosité annuelle a été de 1 288 mm (1983) et de 1 938 mm (1982). La culture se produit pendant deux courtes saisons : avril–juillet et octobre–décembre.

Les sols sont fortement lessivés et inévitablement très pauvres. Les sols du site de l'expérimentation sont sablonneux, acides et pauvres en matières organiques, en capacité d'échange des cations et en éléments nutritifs. Le rendement du maïs est généralement faible dans cette zone (900–1000 kg/ha); plus d'azote procurerait cependant un rendement plus satisfaisant. Les mauvaises herbes posent des

problèmes considérables et peuvent réduire le rendement des récoltes. Le sarclage peut prendre entre 40–50 % du temps des agriculteurs.

La combinaison d'une faible fertilité du sol et de problèmes liés aux mauvaises herbes donne à penser que la culture en couloirs pourrait mieux mettre en valeur les basses terres côtières du Kenya. Dans ce système, les arbres fourniraient au sol des éléments nutritifs et permettraient une production agricole plus diversifiée dont les agriculteurs et la communauté pourraient bénéficier (produits alimentaires, fourrage, bois de chauffage, etc.).

On a entrepris vers le milieu de 1982 des expériences à long terme d'agroforesterie et de cultures en couloirs. On a utilisé des arbres ou des espèces d'arbustes tropicaux et multifonctionnels (AMF) soigneusement sélectionnés. Les expériences poursuivaient les objectifs suivants :

- évaluer le rendement des espèces ligneuses dans l'environnemnet côtier;
- évaluer l'interaction des AMF sur les cultures vivrières associées, en culture intercalaire;
- déterminer le rendement du bois de chauffage des espèces ligneuses dans le système agroforestier;
- évaluer le potentiel d'agroforesterie et de la culture en couloirs en tant que système de mise en valeur du sol.

On analyse plus loin certains des résultats de ces expériences réalisées entre 1982 et 1985.

Conception de l'expérimentation

Plusieurs AMF, y compris les espèces légumineuses, ont été analysés et l'on a aménagé des parcelles pour différentes études et démonstrations à long terme. Parmi les espèces étudiées dans le cadre des expériences d'agroforesterie et de culture en couloirs, on peut citer *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Sesbania grandiflora*, *Acacia albida* et *Casuarina equisetifolia*.

On a choisi un tracé parallèle systématique (Huxley 1983) avec des espaces de 2, 4, et 8 m entre les rangées, 0,5, 1, 2 et 3 m à l'intérieur des rangées, et les rangées ont été orientées d'est en ouest (Fig. 1). Les AMF ont été plantés avec du manioc. Par la suite, on a planté du maïs entre les haies pendant les longues saisons pluvieuses de 1983 et de 1984. À cause de la voûte de verdure et de la forte concurrence que font les haies, on a latéralement élagué celles-ci en 1984. En 1985, on a élagué les haies de *Leucaena* et de *Gliricidia* avant la récolte de maïs, principalement pour réduire l'ombre. On a utilisé les pratiques recommandées par le ministère de l'Agriculture et du Développement de l'élevage en ce qui concerne la densité des plants et la gestion des récoltes. On a planté le maïs suivant une densité de 90 × 30 cm (un plant de maïs par billon) (Muturi 1981). On a ajouté des engrais à toutes les parcelles à raison de 36 kg de N/ha (citrate de calcium ammoniacal) et 44 kg de P205/ha (triple superphosphate).

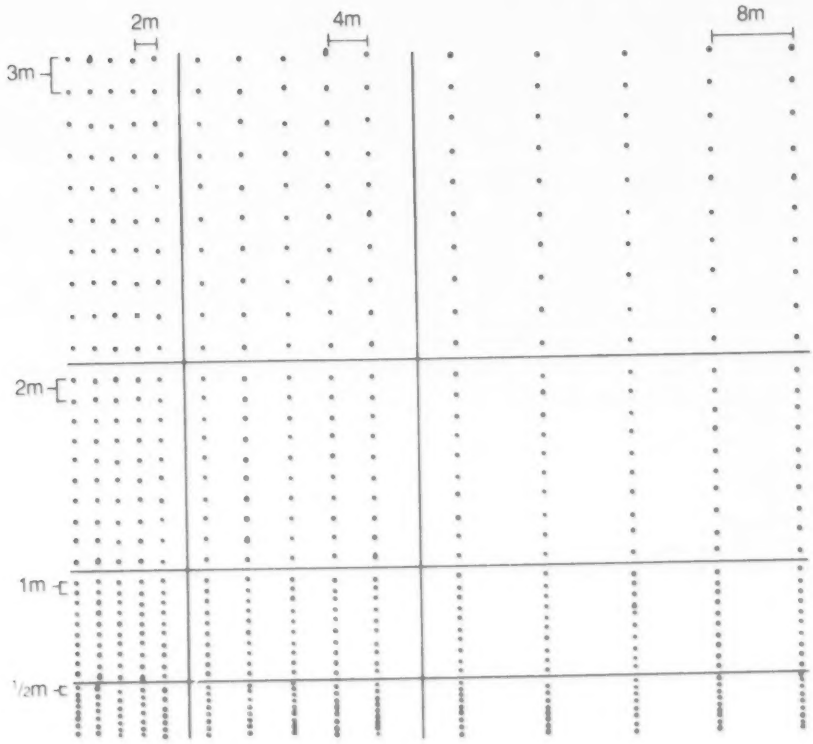

Fig. 1. Schéma utilisé pour l'étude et les parcelles de démonstration.

Résultats et discussion

Établissement des AMF

Dans une première étape, on a utilisé le manioc, comme culture d'accompagnement, en mai 1982, pour établir des espèces ligneuses. On a récolté un an plus tard. Les taux de survie et de croissance étaient satisfaisants pour toutes les espèces sauf pour le *S. grandiflora* (Tableau 1). Cela s'est avéré vrai même en cas de culture intercalaire des arbres et des arbustes avec des cultures vivrières. Les AMF ont continué de donner de bons résultats durant cette phase initiale.

Que les densités soient fortes ou faibles, arbres et arbustes se sont développés de façon égale. La hauteur de l'arbre n'est guère influencée par les espacements d'une rangée à l'autre et à l'intérieur d'une rangée (Tableau 2), spécialement durant les trois premières années. La largeur des rangées et la densité de la ligne exercent des effets significatifs sur le rendement en biomasse : les rendements les plus élevés ont été obtenus avec des espaces de 2 et 4 m d'une rangée à l'autre et des espaces de 0,5 et 1,0 m à l'intérieur d'une même rangée. À ces niveaux élevés de densité, on a obtenu la biomasse optimale entre 26–30 mois pour le *Casuarina*. Lorsque la

densité était plus faible (un espacement de 8 m d'une rangée à l'autre), il a fallu des cycles d'élagage plus longs. Cette situation a généré des revenus élevés provenant du bois, particulièrement si on le vend pour fabriquer des poteaux, comme dans le cas du *Casuarina*. L'augmentation du rendement en bois a plus que compensé la baisse de rendement des cultures en 1984 (Tableau 3). Une clôture de verdure a été

Tableau 1. Taux de survie (%) et hauteur moyenne des plantes (cm) après la première année de culture d'espèces ligneuses sélectionnées avec du manioc à Mtwapa, Kenya.

Espèces	Survie	Hauteur moyenne
Acacia albida	72	144
Casuarina equisetifolia	99	251
Gliricidia sepium	82	288
Leucaena leucocephala cv. K-28	83	371
Sesbania grandiflora[a]	67	33

[a] Provenant principalement de l'ensemencement direct en raison du faible taux de survie des jeunes plants.

Tableau 2. Hauteurs des plantes (HP, m) et diamètre (DPFE, cm) du tronc à son niveau de plus fort développement (1,3 m) d'espèces ligneuses sélectionnées dans des rangées d'une largeur de 2, 4 et 8 m après 3,5 ans à Mtwapa, Kenya.

	2 m		4 m		8 m		Moyenne	
Espèces	HP	DPFE	HP	DPFE	HP	DPFE	HP	DPFE
Acacia albida	4,4	8,6	5,1	10,0	5,8	11,6	5,1	10,1
Casuarina equisetifolia	8,7	11,8	10,6	12,6	12,3	12,0	10,5	12,1
Gliricidia sepium	5,7	5,5	4,9	5,4	4,5	5,1	5,1	5,3

Tableau 3. Effet des haies de Casuarina sur le rendement du maïs (kg/ha) durant les 3 premières années d'exploitation à Mtwapa, Kenya.

Espacement entre les plants (m)	Espacement des rangées: 2 m			4 m			8 m		
	1983	1984	1985	1983	1984	1985	1983	1984	1985
0,5	350	180	250	2 020	460	300	3 000	1 610	600
1,0	530	60	375	1 430	325	250	2 750	1 038	413
2,0	1 830	240	386	3 870	625	275	3 820	1 088	413
3,0	1 530	347	567	3 900	625	300	2 250	1 084	533
Moyenne	1 060	207	394	2 805	509	281	2 955	1 205	490
Témoin (aucun arbre)				3 000	2 750	2 550			
Moyenne du district				2 500	1 800	—			
Pluviosité (mm)				1 063	906	1 174			

Note : L'élagage latéral a été effectué en septembre 1984 suivant des espacements de 2 et 4 m entre les rangées, afin de réduire l'ombre.

obtenue après 18 mois avec un espacement de 2 m entre les rangées et, dans une moindre mesure avec l'espacement de 4 m entre les rangées. Cela a limité la prolifération des mauvaises herbes.

Le rendement des cultures

L'humidité et l'ombre dans les rangées de 2 m et, dans une moindre mesure, dans celles de 4 m ont pris de graves proportions un an après la plantation. Les effets du *Casuarina*, en 1983, 1984 et 1985 sur le rendement du maïs le montrent bien (Tableau 3). Dans le cas du *Casuarina*, le rendement du maïs de 1984 a été

Tableau 4. Effet des haies de *Gliricidia* sur le rendement du maïs (kg/ha) à Mtwapa, Kenya.

Espacement entre les plants (m)	Espacement des rangées					
	2 m		4 m		8 m	
	1984	1985	1984	1985	1984	1985
0,5	600	3 000	380	2 650	1 798	1 650
1,0	180	2 400	190	2 025	1 020	1 700
2,0	410	2 478	860	2 625	921	1 425
3,0	243	1 950	558	2 167	1 183	1 450
Moyenne	358	2 457	304	2 367	1 230	1 556
Témoin (aucun arbre)			2 750	2 526		
Moyenne du district			1 800	—		
Pluviosité (mm)			906	1 174		

Note : En 1984, les haies étaient âgées de moins de 2 ans et n'avaient pas été élaguées. Pendant la récolte de 1985, les haies ont été élaguées à une hauteur de 10–15 cm.

Tableau 5. Effet des haies de *Leucaena* sur le rendement du maïs (kg/ha) à Mtwapa, Kenya.

Espacement entre les plants (m)	Espacement des rangées					
	2 m		4 m		8 m	
	1984	1985	1984	1985	1984	1985
0,5	0	4 000	90	3 400	250	3 100
1,0	0	3 600	0	2 675	205	2 475
2,0	0	3 600	15	2 363	619	3 100
3,0	16	2 500	196	2 683	107	2 033
Moyenne	4	3 425	75	2 780	295	2 677
Témoin (aucun arbre)			2 750	2 526		
Moyenne du district			1 800	—		
Pluviosité (mm)			906	1 174		

Note : En 1984, les haies étaient âgées de moins de 2 ans et n'avaient pas été élaguées. Pendant la récolte de 1985, les haies ont été élaguées à une hauteur de 10–15 cm.

particulièrement faible par rapport à 1983 et 1985 en raison de la faible pluviosité en 1984 (Tableau 3). Le rendement du maïs pour 1985 a été inférieur à celui de 1983 en raison de l'ombre plus étendue et de la concurrence que se font les espèces ligneuses.

Des tendances semblables ont été observées en ce qui concerne les cultures avec le *Gliricidia* et le *Leucaena* (Tableaux 4 et 5). Le faible rendement du maïs de 1984 a été aggravé par l'insuffisance des pluies saisonnières.

En raison de la densité de la voûte de verdure, on a dû ramener à de simples tiges les haies de *Leucaena* et de *Gliricidia* pendant la saison de récolte des pois verts (septembre–décembre 1984). En dépit de la longue saison sèche (décembre–mars), les haies ont connu une bonne repousse. Au milieu de mars 1985, deux semaines avant que l'on plante le maïs, on a coupé les haies de *Leucaena* et de *Gliricidia* que l'on élaguait à intervalles réguliers. Cela a réduit l'ombre sur le maïs cultivé en association et fournit du paillis et de la fumure de feuilles vertes.

On a obtenu des quantités importantes de biomasse à partir de ces élagages (Tableau 6). Ils ont aussi dégagé de fortes quantités d'azote : de 48 kg de N/ha avec un espacement de 8 m des rangées et des espaces de 3 m à l'intérieur des rangées, jusqu'à plus de 280 kg de N/ha pour un espacement de 2 m des rangées et des espaces de 0,5 m à l'intérieur des rangées.

Le rendement du maïs augmente lorsqu'il est cultivé en couloirs avec le *Leucaena* ou le *Gliricidia* (Tableaux 4 et 5). Cela s'explique par l'enrichissement du sol grâce à des légumineuses ligneuses et l'addition d'élagages (Tableau 6). Le rendement du maïs cultivé en couloirs en 1985 a également eu une interaction significative (à un niveau de 5 %) avec l'élargissement des espaces entre les rangées et à l'intérieur des rangées de haies (Tableau 5).

Prolifération de mauvaises herbes

Pendant la période de croissance des arbres, on a enregistré une réduction progressive de la prolifération des mauvaises herbes sur les parcelles. Comme la voûte de verdure des haies était complète vers l'époque de la récolte du maïs, particulièrement avec des espacements de 2 et de 4 m entre les rangées, les mauvaises herbes ont disparu, ce qui a eu pour effet de réduire la quantité de travail consacré au sarclage.

Tableau 6. Rendement en biomasse fraîche (t/ha) provenant de trois élagages de haies de *Leucaena*, mars–mai 1985.

Espacement entre les plants (m)	Espacement des rangées			
	2 m	4 m	8 m	Moyenne
0,5	28,3	18,3	12,1	19,5
1,0	17,4	8,6	6,2	10,7
2,0	13,9	6,5	4,6	8,3
3,0	11,3	8,2	4,8	8,1
Moyenne	17,7	10,4	6,9	11,7

La prolifération des mauvaises herbes dans les parcelles en couloirs était bien moindre pendant la saison sèche, entre deux récoltes, que sur la parcelle témoin (ne comportant aucun arbre). Dans les rangées de *Leucaena*, la plupart des mauvaises herbes appartenaient aux espèces à feuilles larges. Comparativement avec les herbes et les laîches (carex) dans la parcelle témoin, on peut facilement arracher ces espèces.

Propriétés du sol

En superficie, le sol a connu une nette amélioration de sa teneur en éléments nutritifs dans les parcelles de culture en couloirs, comparativement à celle des parcelles témoins. Le pH a également augmenté d'une période à l'autre dans les parcelles de culture en couloirs. Les éléments nutritifs (N, P, K, Ca, Mg) du sol ont également augmenté avec l'accroissement de la densité des arbres. On a obtenu les niveaux les plus élevés d'éléments nutritifs avec un espacement de 2 m entre les rangées.

Rendements financiers

Toutes les espèces ligneuses, à l'exception du *S. grandiflora*, ont présenté des rendements élevés en bois et des rendements associés en biomasse fraîche et verte. Le bois représente une source importante de revenu et un produit dont ont grandement besoin les populations tant rurales qu'urbaines. Son rendement a éclipsé la baisse du rendement des cultures pendant les deuxième et troisième années. Le revenu annuel net provenant du bois de *Casuarina* (servant principalement à fabriquer des poteaux pour la construction), dans le cadre d'un système agroforestier, comparativement à la sylviculture et l'agriculture, a permis de constater qu'un système agroforestier est plus productif que les cultures vivrières seulement (Tableau 7).

Tableau 7. Revenu agricole annuel net (KES/ha)[a] provenant d'un système agroforestier de cultures vivrières basé sur des plants de *Casuarina* vieux de trois ans à Mtwapa, Kenya.

Espacement entre les plants (m)	Espacement des rangées		
	2 m	4 m	8 m
0,5	44 000	26 000	16 000
1,0	27 700	14 300	9 000
2,0	15 700	9 000	5 700
3,0	10 300	6 700	3 300
Témoin (agriculture seulement)		7 300	
Témoin (sylviculture)		2 000	

[a] En novembre 1988, 16,9 shillings kényans (KES) = 1 dollar américain (USD).

Conclusions

Un système d'exploitation agricole basé sur les espèces ligneuses, particulièrement dans un système agroforestier, semble convenir aux basses terres tropicales côtières du Kenya. Un tel système peut surmonter avec succès les contraintes de l'environnement telles que la pauvreté des sols et la prolifération des mauvaises herbes. Il peut tirer parti de façon plus efficace des caractéristiques favorables de l'environnement (c'est-à-dire rayonnement, température et pluviosité). Il est généralement rentable de faire pousser des arbres dans le cadre d'un système agroforestier parce que la gestion des récoltes (la préparation du sol, le sarclage, l'application d'engrais, etc.) profitent grandement aux espèces ligneuses.

Une très forte densité d'arbres (2 500 à 10 000 arbres/ha) permet de mieux éliminer les mauvaises herbes, d'améliorer la fertilité du sol et de réduire les cycles de récolte du bois. L'utilisation d'espèces légumineuses ligneuses comme le *Leucaena* et le *Gliricidia* dans la culture en couloirs permet d'établir un système de racines profondes et extensives. Par conséquent, elles résistent mieux aux élagages périodiques. Cependant, le premier élagage devrait se faire 18 mois au moins après la mise en terre.

Des arbres non élagués réduisent fortement le rendement du maïs en raison de l'ombre qu'ils projettent. Lorsque le *Leucaena* a été élagué pour réduire la concurrence pour la lumière et l'utilisation du feuillage pour du paillis, on a pu obtenir un rendement plus élevé du maïs, comparativement aux parcelles témoins, grâce à des espacements plus importants tant entre les rangées qu'à l'intérieur des rangées de *Leucaena*.

Remerciements

La présente étude est fondée sur des données de première main recueillies du Kenya Renewable Energy Development Project, un programme bilatéral du gouvernement du Kenya et de la United States Agency for International Development.

Références

Huxley, P.A. 1983. Systematic designs for experimentation with multipurpose trees. International Council for Research on Agroforestry, Nairobi, Kenya.

Muturi, S.N. 1981. Agricultural research at the Coast. National Council for Science and Technology, Nairobi, Kenya. Report 6.

Partie 6

Considérations socio-économiques et écologiques

Le rôle des arbres multifonctionnels dans l'agriculture en enclos en Afrique tropicale

B.N. Okigbo

Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Résumé *— La cour-jardin fait partie intégrante des systèmes agricoles traditionnels dans les régions subhumides et humides de l'Afrique tropicale. Elle constitue généralement la base opérationnelle de nombreux systèmes agraires dans l'agriculture africaine. La diversité des espèces et la complexité du système atteignent leur plus haut niveau dans la zone de la forêt tropicale et leur plus bas niveau dans les régions où domine la savane. La cour-jardin revêt une importance majeure dans l'agriculture de subsistance des communautés rurales. Elle permet d'obtenir de nombreux produits et contribue de façon considérable au maintien de la qualité de l'environnement et à la conservation du sol. Les éléments de la cour-jardin garantissent que, toute l'année, on disposera de différentes denrées alimentaires. Des récoltes fréquentes assurent la régularité de l'approvisionnement; il n'est guère nécessaire d'entreposer et de préserver ces denrées. Aussi, il est recommandé que dans la recherche de solutions à la crise alimentaire en Afrique, on accorde une priorité élevée aux études portant sur les cours-jardins. Les études devraient viser la composition et la structure des espèces, leur apport nutritionnel, leur utilité économique et leur importance ethnobotanique globale. Ce n'est que si l'on comprend l'importance et le rôle des cours-jardins dans le cadre des systèmes agricoles que l'on pourra élaborer des programmes pouvant les améliorer et fournir les efforts nécessaires à la préservation du plasma germinatif.*

Introduction

On peut considérer la cour-jardin ou ferme en enclos comme «un système de production agricole géré en grande partie par les membres d'un ménage sur les lieux ou à proximité de leur résidence» (Brownrigg 1985). Brownrigg (1985) définit également la cour-jardin comme «un système complémentaire de production de cultures vivrières géré par ou pour les membres d'un groupe d'individus titulaires de droits sur la terre et qui mangent ensemble de façon régulière». Dans la présente étude, la cour-jardin d'Afrique est un système de production agricole spécialisée ou un système d'exploitation agricole qui entoure généralement la maison des exploitants. Elle représente en règle générale un des champs exploités par un agriculteur ou une famille d'agriculteurs. Sur ces champs, un ou plusieurs membres de la famille travaillent à temps plein ou à temps partiel afin de produire des cultures vivrières ou d'autres produits destinés à l'autoconsommation, à la vente ou à d'autres fins (Okigbo 1985).

On appelle aussi la cour-jardin le jardin de l'arrière-cour, le jardin près de la cuisine, l'enclos-jardin, le jardin de la ferme familiale. Ils peuvent varier considérablement quant à leur superficie et à leur forme, et quant à l'intensité et la complexité des méthodes de culture. Selon White et Gleave (1971), ce jardin constitue, en Afrique tropicale, le système de production traditionnel permanent le plus répandu. Il est situé à proximité de l'habitation et fournit divers produits que l'on utilise fréquemment en petites quantités pour préparer des condiments et des sauces. Il donne également des cultures qui exigent une certaine protection, des sols plus fertiles ou une attention particulière.

La cour-jardin contient des arbres, des arbustes, des cultures vivrières, des légumes, des plantes ornementales et des espèces multifonctionnelles. Elle est souvent intégrée, à des degrés divers, à l'élevage, et complète d'autres champs qu'exploite le même agriculteur ou la famille de l'agriculteur.

Les plantes des cours-jardins servent, en règle générale, à des fins diverses. On appelle plantes multifonctionnelles les plantes qui sont cultivées pour des raisons d'ordre économique ou écologique dans n'importe quel système d'utilisation de la terre, spécialement les systèmes agroforestiers (Burley et von Carlowitz 1984). On peut citer parmi les espèces multifonctionnelles les herbes, les lianes, les arbustes et les arbres. La plupart des espèces herbacées que l'on trouve dans les enclos-jardins ont des parties comestibles et servent principalement d'aliments ou de condiments. La présente étude passe en revue les plus répandues ou les plus fréquemment utilisées dans les régions humides, subhumides ou sèches (savanes) de l'Afrique tropicale; la plupart des exemples ont été empruntés à l'Afrique de l'Ouest.

Évolution et développement des cours-jardins

Après plusieurs millénaires d'essais et d'erreurs avec les plantes et les animaux, la production agricole a évolué vers un système d'agriculture sur brûlis et de culture itinérante. Ce système comporte l'élevage du bétail et la culture d'espèces moins susceptibles d'être couvertes de mauvaises herbes, telles que les céréales et d'autres espèces annuelles, surtout des herbacées. À cette époque, l'agriculture était de type migratoire et les agriculteurs vivaient dans des camps provisoires. Selon Burkill (1962), la séquence la plus probable pour la domestication des plantes comprenait les céréales (qui furent probablement les premières espèces domestiquées); les légumineuses ou les légumes graminés; les oléagineux; les racines et les tubercules; les fruits herbacés; les plantes donnant des fibres ou des teintures; des arbres fruitiers et des arbustes ligneux.

De l'avis de Burkill (1962) les plantes vivaces sont les plus difficiles à cultiver, surtout s'il s'agit de grands arbres. Il est donc vraisemblable que les nomades primitifs campaient, dans les premiers temps, près des régions riches en arbres et en arbustes qui produisaient des fruits, des noix, des graines et autres, ou dans des camps abandonnés où poussaient des bosquets et des arbustes comestibles. Ces espèces n'étaient sans doute cultivées qu'en certaines saisons, aux époques pendant lesquelles les parties comestibles étaient particulièrement abondantes. Même si l'on pouvait observer que les graines de ces espèces germaient et produisaient de jeunes plants, il est vraisemblable que les nomades campaient de plus en plus fréquemment près de tels bosquets ou adoptaient des règles comportant des sanctions afin de protéger ces arbres. Par suite des progrès réalisés en matière de domestication

des plantes, on a commencé à dépendre de quelques espèces comme sources régulières d'alimentation; ainsi, une culture sédentaire et des établissements permanents ont apparu. La cour-jardin ou enclos constitue un agro-système formé sur le site d'un établissement permanent.

Par contre, Porteres (1962) maintient qu'après plusieurs siècles de chasse, de cueillette, et d'essais, deux complexes agricoles se sont développés : l'un qui est basé sur des graines et l'autre fondé sur des plantes dont la propagation s'effectue de façon végétative. Le complexe agricole fondé sur les graines est caractéristique de la savane; il comprend la culture des céréales et des légumes graminés dans des champs ouverts. La culture de fruits et de légumes, typique de la forêt tropicale, comprend des plantes à multiplication végétative, des racines et des tubercules, des arbres fruitiers, et des légumes qui poussent dans des jardins plutôt que dans des champs ouverts. Quelle que soit l'hypothèse retenue quant à l'origine des cours-jardins, on pense qu'elles sont relativement récentes, leur apparition coïncidant avec la domestication et les cultures vivrières telles que les ignames, le sorgho et les légumes.

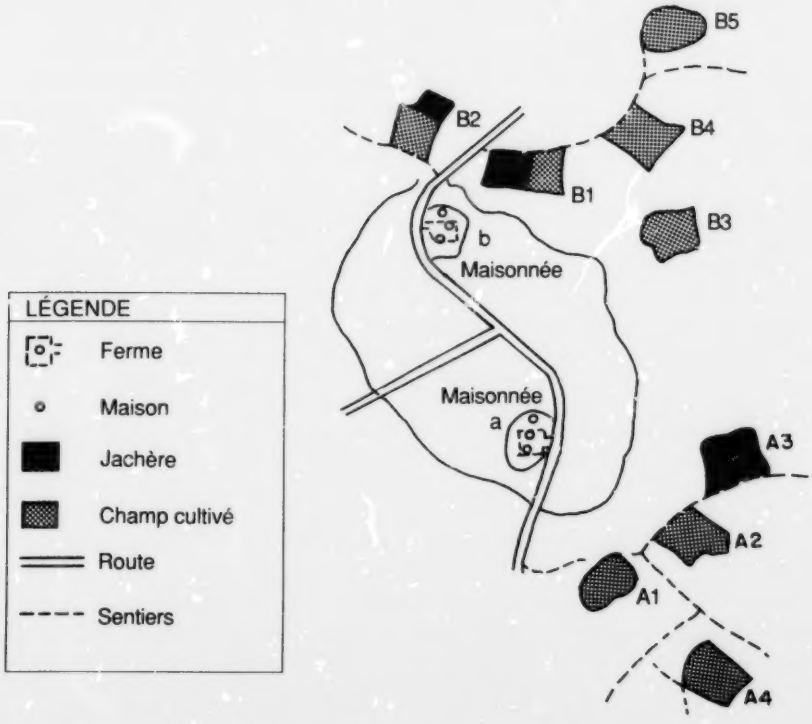

Fig. 1. Champs et enclos dans les systèmes agricoles traditionnels dans les tropiques humides de l'Afrique de l'Ouest : a, ferme dans un enclos à l'intérieur des murs périphériques; b, ferme dans un enclos à l'extérieur de la clôture ou des murs de l'enclos; A1, A2, B1, B2, champs à proximité; A3, A4, B3, B4, champs éloignés (Okigbo 1984).

L'établissement familial et son jardin constituent la base opérationnelle pour tous les autres champs cultivés ou en jachère, à différentes distances de la cour-jardin (Fig. 1 et 2). Selon Okigbo (1985), le développement de la cour-jardin est une caractéristique stable du système agricole traditionnel et constitue, dans l'ensemble, le produit des quatre facteurs suivants :

- La division du travail se fait selon le sexe. Les femmes, en plus des autres responsabilités qu'elles assument, préparent les soupes et les sauces avec lesquelles on mange les principaux féculents (qui sont produits souvent par des hommes ou une famille d'agriculteurs). De plus, les femmes cultivent diverses plantes, des épices et des légumes dans la cour-jardin afin d'assurer pendant toute l'année un approvisionnement régulier en denrées fraîches. La proximité du jardin par rapport à la cuisine facilite l'entretien et élimine ou réduit les besoins d'entreposage.

- Une culture sédentaire garantit que les fermes sont situées en des endroits où des espèces de plantes vivaces, comestibles et utiles sont abondantes. Avec la pratique fréquente de l'agriculture sur brûlis et du défrichage, le développement de la cour-jardin garantit que plusieurs espèces semi-sauvages ou sauvages d'arbres et d'arbustes comestibles qui disparaissent

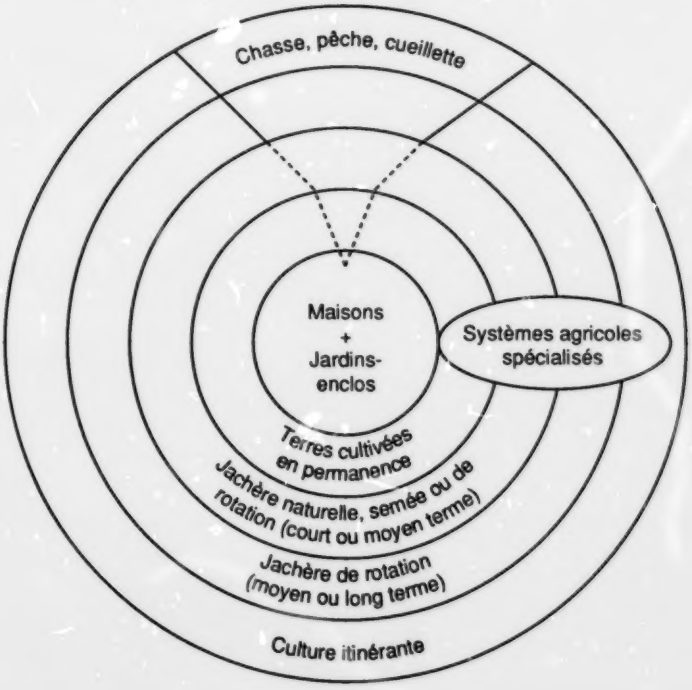

Fig. 2. L'organisation spatiale des champs et des systèmes agricoles en Afrique tropicale (Okigbo 1983).

progressivement des régions de jachère sont préservées et cultivées à proximité des zones résidentielles.

- La cour-jardin sert d'espace expérimental pour la culture de plantes qui présentent un intérêt quelconque, ou qui sont utiles et qui ont été recueillies au cours de visites à des enclos, des villages et des villes voisins ou des endroits lointains.
- Les cours-jardins donnent aux agriculteurs, dans les zones rurales, l'occasion d'utiliser les plantes de multiples façons : nourriture, fourrage, protection de l'environnement, aménagement paysager, ou matières premières pour l'artisanat.

Structure et complexité

La diversité et la complexité des cours-jardins dépendent des zones climatiques ou écologiques où elles se trouvent. La diversité des espèces est plus grande sous les tropiques humides et moins importante dans les régions de savane (Tableau 1). Cette situation fait pendant à ce qui existe en matière de végétation naturelle. On doit tenir compte de la densité de la population lorsqu'on étudie la diversité des espèces. Sous les tropiques humides, la structure des cours-jardins est proche de celle d'une forêt pluviale avec sa structure à plusieurs paliers et avec ses nombreuses espèces. Il s'agit plus ou moins d'une structure à quatre paliers. Au premier palier, on trouve des cultures comme les patates douces (*Ipomoea batatas*), l'okra précoce (*Abelmoschus esculentus*), le melon (*Colocynthis vulgaris*), le poivre de guinée (*Capsicum frutescens* et *C. annum*), le poivre meleguetta (*Aframomum meleguetta*), ou le taro (*Xanthosoma sagittifolium* et *Colocasia esculenta*). Le second palier comprend des arbustes tels que les citrus (*Citrus* spp.), les bananes et les plantains (*Musa* spp.), l'okra avancé, le cachiman (*Annona muricata*), le raifort (*Moringa oleifera*, *Dennettia tripetala*), le papayer (*Carica papaya*), le croton (*Cordiaeum* spp.), *Afzelia bella* var. *bella*, *Newbouldia laevis*, le calebassier (*Crescenta cujete*), l'arbre à fièvre (*Ocimum viride*), le pois cajan

Tableau 1. Nombre de cultures vivrières et de plantes utilitaires dans les cours-jardins des résidences de trois zones écologiques du Nigéria.

Catégories de cultures	Tropiques humides (palmier à huile)[a]		Tropiques humides (zone de transition par rapport à la savane)	Tropiques subhumides (savane de la Guinée méridionale)
	ME	E		
Céréales	0–4	2–3	0–3	2
Racines et tubercules, plantain	3–8	7–10	1–12	0–4
Légumes et plantes légumineuses	0–3	0–3	1–5	3–5
Légumes en feuilles	2–8	10–11	3–7	3–8
Légumes sous forme de fruits	0–6	3–4	4–6	4–6
Fruits, noix, et oléagineux	2–15	5–12	1–14	1–9
Épices et condiments	0–9	1–7	0–3	0–4
Diverses plantes utilitaires	1–29	4–18	0–7	1–14

Source: Okigbo et Greenland (1976) ; Diehl (1982).

[a] ME, densité de population de moderée à élevée ; E, densité de population élevée.

(*Cajanus cajan*), ou la «vervaine» (*Vernonia amygdalina*). Le troisième palier consiste en de grands arbres comme l'eucalyptus (*Chrysophyllum albidum*), la poire africaine (*Dacryodes edulis*), l'arbre à pain (*Treculia africana*), le noyer de cola (*Cola* spp.), le manguier (*Mangifera indica*), le palmier à huile (*Elaeis guineensis*), le cocotier (*Cocos nucifera*), le poivre de guinée (*Xylopia aethiopica*), les oléagineux (*Pentaclethra macrophylla*), ou le «camwood» (*Pterocarpus* spp.). La couche supérieure du quatrième palier contient des arbres susceptibles d'apparaître également au troisième palier : l'élémi africain (*Canarium schweinfurthii*), le cocotier, le fromager (*Ceiba pentandra*, *Bombax buanopezence*, *Brachystegia* spp.), ou l'iroko (*Chlorophora excelsa*). Comme dans la forêt pluviale, il y a des lianes et des plantes grimpantes qui poussent sur ces arbres et ces arbustes : le *conophor* (*Tetracarpedium conophorum*), le «rubber vine» (*Landolphia owariensis*), *Gongronema latifolium*, les bois de teinture (*Rothmannia* spp.), les ignames (*Dioscorea cayenensis*, *D. alata*, *D. dumetorum*, et *D. rotundata*), la citrouille cannelée (*Telfairia occidentalis*) et le strophantus (*Strophanthus*).

Dans le sud-est du Nigéria, le nombre d'espèces que l'on trouve dans une cour-jardin varie entre 18 et 62 (Lagemann 1977). Des écosystèmes comprenant la même structure et les mêmes espèces que dans ces enclos se trouvent également au Zaïre, dans la région de Kumasi au Ghana, dans certaines régions de la République du Congo, en Uganda et dans le sud du Cameroun.

En Guinée et dans les régions du Nigéria près des savanes du Soudan, on observe une structure à trois paliers plus ouverte et moins diversifiée. Dans la savane de Guinée ou «la ceinture médiane» du Nigéria, la couverture du sol ou la couche d'herbes peut être constituée de patates douces, de tabac (*Nicotiana tabacum*), d'hibiscus (*Hibiscus sabdarrifa*), de coloquinte (*Cucumis* et *Colocynthis* spp.), ou de sésame (*Sesamum indicum*). Le second palier peut comprendre des arbustes comme le henné (*Lawsonia* spp.), le papayer, des bordures de plantes de *Euphorbia* spp. et *Newbouldia leavis*, les citrus, le calebassier, le kenaf (*Hibiscus cannabinus*), ou l'okra tardif. En ce qui concerne les arbres, on peut citer le manguier, l'élémi africain, le caroubier (*Parkia clappertoniana*), et le dattier (*Phoenix dactylifera*).

Dans la savane soudanaise, le nombre d'espèces d'une cour-jardin dépasse rarement 30. Les arbres dominants sont le karité (*Butyrospermum paradoxum*), le baobab (*Adansonia digitata*), le caroubier (*Parkia bigloba*) et le margousier (*Azadiracta* spp.).

Utilisation des arbres

Les jardins aménagés dans les enclos contribuent de diverses façons à la qualité de la vie des petits agriculteurs. Lagemann (1977) a estimé les revenus provenant de ces jardins et les a comparés à ceux provenant d'autres exploitations agricoles dans l'est du Nigéria (Tableau 2). Certaines cultures, comme les colas, revêtent une importance culturelle et religieuse considérable. Dans les jardins, les arbres et les arbustes participent au recyclage des éléments nutritifs. On a recensé plus de 120 espèces d'arbres, d'arbustes et de lianes sous les tropiques humides (Okafor 1981b). Des enquêtes réalisées dans les enclos-jardins du sud-est du Nigéria ont

Tableau 2. Valeur moyenne (en nairas[a]) de la production de cultures dans les enclos, les champs extérieurs et les terres en jachère de trois villages de l'est du Nigéria, 1974–1975.

Village[b]	Cultures	Enclos	Champs extérieurs	Terres en jachère	Total
Okwe (F)	Vivrière	ND	265	5	270
	Arbre	ND	4	165	169
	Total	ND	269	170	439
Umuokile (M)	Vivrière	64	80	2	146
	Arbre	28	6	103	137
	Total	92	86	105	283
Owerre-Ebeiri (E)	Vivrière	70	44	2	116
	Arbre	29	26	43	98
	Total	99	70	45	214

Note : ND, données non disponibles.
Source : Lagemann (1977).
[a] En septembre 1989, 7,3 NGN = 1 dollar américan (USD).
[b] F, faible densité de population ; M, densité moyenne de population ; E, densité élevée de population.

permis de recenser 138 espèces; 35 % d'entre elles étaient herbacées, 65 % étaient ligneuses (Walker 1985).

Des enquêtes menées dans diverses régions d'Afrique ont révélé que les arbres ligneux, les arbustes et les lianes, dans les cours-jardins, servent à l'alimentation (légumes, fruits, noix, semences, nectar, boissons, condiments); la nourriture des animaux ou le fourrage; à des fins médicinales; ameublement; matériaux de construction (toiture, couverture de chaume, murs, poutres, piliers); bois de chauffage; ornements; décorations pour le corps; bordures ou clôtures; pêche; instruments de musique; échelles et cordes à grimper; treillis et pieux; articles religieux et costumes traditionnels, y compris les amulettes; articles d'artisanat (paniers, tapis, cordages); et articles pour la ferme (bâtons servant à creuser, manches d'outils, ustensiles de cuisine, contenants). La présente étude ne passera en revue que deux de ces utilisations (alimentation et fourrage).

Alimentation

Plusieurs espèces ligneuses que l'on trouve dans les cours-jardins ou dans les enclos sont des sources de produits alimentaires et de condiments. On peut citer notamment les fruits, les feuilles, les graines, les noix, les écorces, et d'autres parties des plantes. On peut citer parmi les fruits que donnent ces arbres les mangues, les agrumes, les bananes, les plantains, les fruits du palmier à huile, le cachiman, le corossol et la poire africaine. Les arbres et les arbustes produisant des noix comestibles comprennent le cocotier et le palmier à huile. La liane «conophor» produit une graine qui a une forte teneur en protéines et en huile. Les bignoniacées produisent des fleurs en forme de cloche, dont le nectar est très recherché des enfants. Le palmier à raphia et le palmier à huile sont des sources de vin de palme, une boisson alcoolisée populaire qui est riche en complexe vitaminique B. Plusieurs arbustes vivaces et plusieurs arbres constituent de bonnes sources de légumes en feuilles; quelques-uns produisent des pousses de feuilles

comestibles à la saison sèche (par exemple, le «camwood», *Afzelia bella* (var. *bella*) et le raifort.

Fourrage

Plusieurs arbres et arbustes sont cultivés spécialement dans les cours pour le brout ou le fourrage, bien qu'ils servent à d'autres usages. Plusieurs espèces de *Ficus* et de *Ricinodendron heudelotii* sont cultivées souvent pour leurs feuilles que l'on donne aux moutons et aux chèvres. L'arbre à pain africain produit des fruits très appréciés des chèvres, lorsqu'ils ont été épépinés. Les moutons et les chèvres sont très friands également des graines de la poire africaine. La plupart des arbres et des arbustes qui poussent dans les cours donnent des sous-produits qui servent à nourrir les animaux en enclos.

Potentiel des arbres et des arbustes multifonctionnels

Jusqu'à une date récente, l'enclos ou la cour-jardin étaient négligés dans le cadre des efforts visant l'amélioration de la recherche agricole et ce, en dépit du fait qu'ils procurent une stabilité à l'environnement agricole traditionnel, tout en garantissant une production et des revenus constants aux agriculteurs traditionnels à bas revenus. Certains arbres et arbustes dans les cours-jardins jouent un rôle stratégique dans la nutrition, en plus d'être d'un apport appréciable au revenu des agriculteurs (Fig. 3), spécialement à proximité des centres urbains, où la demande est forte pour les fruits et les noix.

Les cours-jardins contribuent également à préserver l'environnement en assurant la conservation du sol. En plus de constituer un riche réservoir de plasma germinatif de plantes pouvant se révéler très précieux pour les industries basées sur les ressources renouvelables, ces cours-jardins contribuent à l'embellissement de l'environnement. Les arbres et les arbustes des cours peuvent être utilisés de plusieurs façons pour développer des systèmes de production agricole autosuffisants, spécialement sous les tropiques humides et subhumides.

Prélèvement et préservation du plasma germinatif

Plusieurs arbres et arbustes indigènes qui sont importants du point de vue économique et nutritionnel (par exemple, la poire africaine, *Dennethia tripetala*, «conophor», le caroubier, le karité et le baobab) se trouvent dans les cours-jardins ou près des maisons. Quelques-unes des caractéristiques de ces espèces sont, souvent, soit cachées par des gènes dominants dans des conditions naturelles, soit impropres à l'observation, à la détection et à la singularisation. Par conséquent, il faudrait accorder la priorité à l'étude des plantes économiquement importantes que l'on trouve dans les cours-jardins. On devrait décrire et documenter différentes espèces, recueillir et conserver le plasma germinatif.

De récentes études menées sur les enclos-jardins dans les états d'Imo et d'Anambra ont permis d'identifier des espèces rares ou menacées de disparition : *Cola pachycarpa*, *C. lepidota*, *Coaila edulis*, *Lascanthera africana*, et *Tetracarpedium conophorum* (Walker 1985). Des études menées par Okafor (1975,

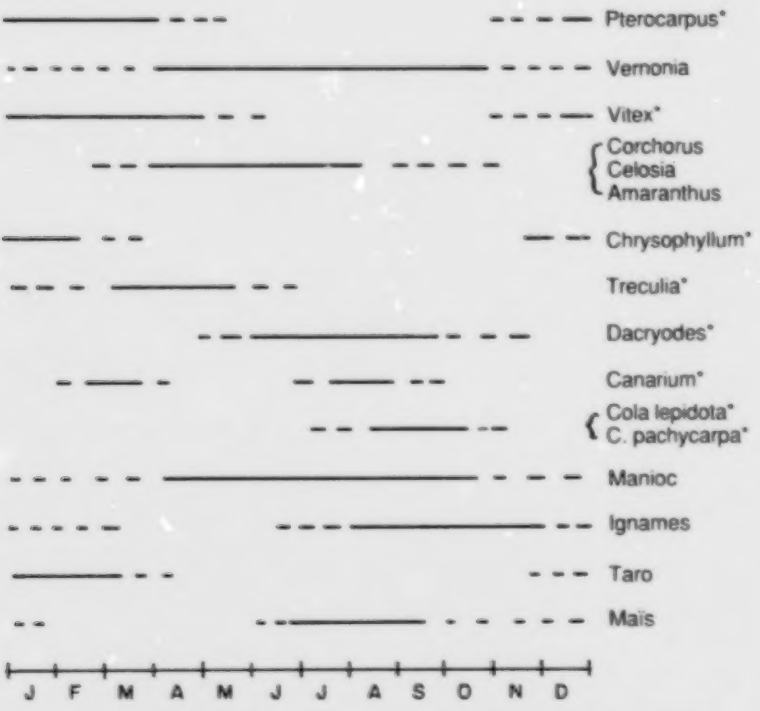

Fig. 3. Les cours-jardins fournissent des produits alimentaires et des revenus tout au cours de l'année. Les lignes en pointillé représentent les basses périodes de récolte ou la consommation des produits alimentaires qui étaient entreposés. Les lignes continues représentent les principales périodes de récolte. *, arbres (Lagemann 1977).

1981a,b) ont montré que des variantes existent : on a identifié deux formes dans le *Irvingia gabonensis* (var. *gabonensis* et var. *excelsa*), et dans l'arbre à pain (var. *africana* et var. *inversa*).

Ces études ont démontré des différences quant à l'importance économique des diverses espèces et confirment que les espèces cultivées dans les enclos se prêtent bien à la mise en oeuvre des méthodes traditionnelles de propagation horticole. Il ne fait aucun doute que les méthodes traditionnelles de reproduction des plantes et les méthodes biotechnologiques, comme la culture des tissus, peuvent servir à améliorer leur potentiel.

Amélioration des méthodes culturales

Certains systèmes de culture (par exemple, intégration de la culture et de l'élevage, noix de coco et pâturage, noix de coco et cacao, plantain et taro, café et bananes, noix de cola et *Marantochloa*) sont écologiquement stables et économiquement rentables. Elles s'appliquent à des espèces compatibles dans des structures de deux ou plusieurs étapes. L'étude des interactions des plantes dans les

cours-jardins stimulera la conception de telles combinaisons et des améliorations subséquentes. On pourrait également utiliser les cours-jardins pour concevoir de nouveaux systèmes agricoles intégrant les arbres et les arbustes ou des espèces vivaces à croissance lente.

Élargissement du spectre des cultures horticoles

Okafor (1981a) a démontré le potentiel de sélection et de propagation qu'offrent la gestion, la reproduction, et l'amélioration génétique de plusieurs espèces indigènes ligneuses dans les cours-jardins. Comme dans le cas des mangues et des noix de cajou, on peut améliorer et cultiver de façon régulière des arbres fruitiers tels que le sapotillier («pois mascate»). Certains des fruits peuvent être utilisés en confiture ou en gelée.

Dans certaines régions du sud-est du Nigéria, des espèces de «camwood» sont des sources de légumes à feuilles, en saison sèche, qui conviennent aussi bien ou mieux que le *Amaranthus* spp. et le *Celosia argentia*. De meilleures méthodes d'élagage permettront de disposer plus largement de telles cultures.

Cultures industrielles

On pourrait améliorer et utiliser à des fins industrielles certains arbres et arbustes que l'on trouve dans des cours-jardins. Le fruit et les graines de la poire africaine, l'élémi, les oléagineux, le «conophor» et l'arbre à pain contiennent plus de 10 % de graisse que l'on peut extraire avec de l'éther. Les arilles du tamarinier sont riches en vitamine C. Il faudrait étudier de façon plus approfondie le potentiel industriel de ces espèces. Leur culture dans des plantations pourrait créer de l'emploi dans les zones rurales. Comme il s'agit de ressources renouvelables, on pourrait réduire ainsi les besoins d'importation de matières premières.

Horticulture et aménagement paysager

Lorsque les fermes sont dispersées, les enclos-jardins dessinent un paysage unique — une forêt d'espèces utiles sélectionnées. En fait, dans les régions à forte densité de population et nullement urbanisées, comme dans des régions du sud-est du Nigéria, il est difficile de dire où finit un village et où commence un autre. Il existe dans les cours-jardins certaines espèces ligneuses qui, en plus de leurs utilisations traditionnelles, constituent de bonnes plantes ornementales.

Conclusions

Il faudrait accorder une plus grande priorité aux cours-jardins ou aux enclos-jardins dans la recherche visant à améliorer les systèmes agricoles traditionnels, parce qu'ils mettent en jeu des espèces multifonctionnelles. On ne pourra améliorer de telles espèces et les utiliser de façon plus efficace que si l'on étudie mieux leur structure, leur importance nutritionnelle et économique et leur valeur ethnobotanique. Ces recherches devraient porter également sur les jardins des zones urbaines; les efforts visant à les améliorer devraient porter également sur l'utilisation des espèces indigènes. Toutes les fois que cela serait possible, il

faudrait introduire de façon systématique des espèces exotiques de façon à en accroître la diversité. On devrait attacher la plus haute priorité à l'amélioration des cours-jardins et à l'élargissement de la base alimentaire des personnes défavorisées dans les zones rurales et urbaines.

Références

Brownrigg, L. 1985. Home gardening in international development; what the literature shows. League for International Food Education, Washington, DC, É.-U.

Burkhill, I.H. 1962. Habits of man and the origin of cultivated plants of the old world. *In* Wagner, P.L., Mikesell, M.W., éd., Readings in cultural geography. University of Chicago Press, Chicago, IL, É.-U., 248–281.

Burley, J., von Carlowitz, P. 1984. Multipurpose tree germplasm. *In* Proceedings of a Planning Workshop to discuss International Cooperation, June 1983, Washington, DC, USA. International Council for Research in Agroforestry, Nairobi, Kenya.

Diehl, L. 1982. Smallholder farming systems with yam in southern Guinea savanna of Nigeria. University of Hohenheim, Stuttgart, R.F.A. Thèse de doctorat.

Lagemann, J. 1977. Traditional African farming systems in Eastern Nigeria. African Studies, Special Series 98.

Okafor, J.C. 1975. Varietal delimitation of *Irvingia gabonensis* (Irvingieaceae). Bulletin du jardin botanique national de Belgique, 45, 211–221.

_____1981a. Delimitation of a new variety of *Treculia africana* Decne (Moraceae). Bulletin du jardin botanique national de Belgique, 51, 191–199.

_____1981b. Woody plants of nutritional importance in traditional farming systems of Nigerian humid tropics. Faculty of Agriculture and Forestry, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria. Thèse de doctorat.

Okigbo, B.N. 1983. Integrating crops and livestock in West Africa. Organisation des Nations-Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie. Annual Production and Health Paper 41.

_____1984. Improved production systems as an alternative to shifting cultivation. Organisation des Nations-Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie. Soils Bulletin 53.

_____1985. Home gardens in tropical Africa. Paper presented at the 1st International Workshop on Tropical Homegardens, 2–9 décembre 1985, Bandung, Indonésie.

Okigbo, B.N., Greenland, D.J. 1976. Intercropping systems in tropical Africa. *In* Papendick, F.L., et al., éd., Multiple cropping. African Studies Association, Madison, WI, É.-U. Special Publication 27, 63–101.

Porteres, R. 1962. Primary cradles of agriculture in the African continent. *In* Fage, J.D., Oliver, R.A., éd., Papers in African prehistory. Cambridge University Press, Londres, R.-U., 43–58.

Walker, J. 1985. Compound farming systems of Southeastern Nigeria. Socio-Economic Unit, Centre international d'agriculture tropicale, Ibadan, Nigéria. Interim report. 125 p.

White, H.P., Gleave, M.B. 1971. Economic geography of West Africa. G. Bell & Sons Ltd, Londres, R.-U.

Le régime foncier et l'adoption de la culture en couloirs

P.A. Francis

Centre international pour l'élevage en Afrique, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Résumé *— La culture en couloirs est une technique agroforestière qui exige d'avoir accès à la terre, et de pouvoir planter, posséder et utiliser des arbres. La présente étude est consacrée aux effets du régime foncier sur l'acceptation et la rentabilité de la culture en couloirs dans le sud-ouest et le sud-est du Nigéria. La réglementation de l'utilisation de la terre et des droits qui s'y rattachent varie considérablement dans chacune de ces deux régions. Tout régime foncier peut englober plusieurs catégories de terres auxquelles s'appliquent différentes modalités d'utilisation. Les agriculteurs de certaines régions du sud-ouest du Nigéria sont souvent défavorisés, car leurs droits sur la terre affermée n'incluent pas forcément le droit de planter des arbres. Dans le sud-est, la commune est parfois propriétaire de certaines catégories de terrains et en assume la gestion, ce qui limite la capacité de planter des arbres et réduit l'incitation à investir en main-d'oeuvre pour maintenir la fertilité du sol.*

Introduction

La culture en couloirs est très vivement recommandée, aussi bien pour des considérations agronomiques et écologiques qu'économiques (Kang et al. 1981; Hoekstra 1982; Sumberg et al. 1985; Reynolds et Adeoye, dans ce volume). Pour que la culture en couloirs ait des répercussions importantes sur les modalités d'utilisation de la terre, les agriculteurs défavorisés qui constituent la vaste majorité de la population rurale devront largement y avoir recours. La présente étude est consacrée aux répercussions du régime foncier sur l'adoption de la culture en couloirs dans le sud du Nigéria.

Un régime foncier est l'ensemble des droits et devoirs qui sont associés à l'utilisation et au contrôle exercé sur la terre. La plupart des régimes africains traditionnels de propriété font la distinction entre les arbres et le terrain sur lequel ils sont plantés. Les droits qui portent sur les uns peuvent être détenus et cédés indépendamment des droits qui s'exercent sur l'autre. Il peut donc exister des régimes fonciers parallèles et distincts pour le terrain et pour les arbres. Cependant, étant donné que les arbres sont, à toutes fins pratiques, attachés à la terre sur laquelle ils poussent, les deux régimes ne sont pas entièrement distincts. Le fait de planter des arbres comporte évidemment des incidences à long terme quant à l'utilisation du terrain et les titulaires de droits temporaires sur le terrain peuvent

être empêchés d'y établir des cultures permanentes. Cependant, une fois qu'un arbre est planté, il est considéré en règle générale comme la propriété du planteur. Dans certaines circonstances, le fait de planter des arbres peut renforcer les droits détenus sur le terrain.

Les régimes fonciers régissent une multiplicité de modalités d'utilisation de la terre et peuvent être extrêmement complexes. Il est nécessaire de distinguer entre les droits sur le terrain et les droits sur les arbres, droits que l'on doit posséder pour se livrer à la culture en couloirs. Premièrement, l'agriculteur qui voudrait s'y adonner et qui a le droit de planter des arbres sur une certaine parcelle de terre doit pouvoir accéder à celle-ci. Deuxièmement, les droits détenus sur ces arbres doivent être suffisamment établis pour justifier l'effort de les planter. Troisièmement, le droit du fermier à récolter et à utiliser le feuillage des arbres doit être suffisamment exclusif pour garantir un rendement satisfaisant de l'investissement. Quatrièmement, le droit de cultiver des cultures vivrières sur le terrain où l'on a planté des arbres doit être suffisamment long et sûr pour permettre aux agriculteurs de tirer profit de la capacité du système à maintenir ou à améliorer la fertilité du sol.

Les droits fonciers d'une personne dépendent des modalités selon lesquelles elle a eu accès à cette terre (héritage, achat, prêt, bail ou nantissement). Aussi, les incidences de l'adoption de la culture en couloirs pour les locataires, les étrangers, et les gagistes peuvent ne pas être les mêmes que pour les propriétaires fonciers et les autochtones. En outre, le statut à l'intérieur du ménage peut déterminer les droits qui s'exercent sur la terre et sur les arbres. Les droits des hommes peuvent être différents de ceux des femmes; les droits d'un chef de famille peuvent être différents de ceux des autres membres du ménage; et les droits de l'aîné des enfants peuvent être différents de ceux des autres enfants.

Le fait de planter des arbres n'est pas une innovation dans le sud du Nigéria, qui a déjà été un grand producteur de cacao, de cola et de produits du palmier. Cependant, la culture de ces arbres n'entraîne pas la culture intercalaire et la gestion simultanée d'arbres et de cultures vivrières. Aussi, l'exercice simultané de droits tant sur l'arbre (le droit d'utiliser son feuillage) que sur la terre où l'arbre a été planté (le droit de planter) est inconnu. En outre, les arbres cultivés en couloirs sont utilisés de multiples façons et, par conséquent, les bénéficiaires éventuels sont nombreux. Il s'agit cependant, dans la plupart des cas, de produits intermédiaires qui n'ont pas de valeur marchande.

Le paillage profitera à l'agriculteur actuel, au futur agriculteur ou au propriétaire foncier, selon le régime foncier. L'élagage pour la nourriture du bétail profitera aux membres du ménage qui en possèdent. Ce groupe peut comprendre des personnes qui ne sont pas propriétaires de l'exploitation agricole sur laquelle on pratique la culture en couloirs. Les personnes (généralement de sexe féminin) qui, dans le ménage, ont la responsabilité de fournir du bois de chauffage bénéficieront en général de l'abattage prévu à cet effet. Il n'y a donc aucun précédent, dans le cadre du régime foncier, qui puisse régir l'utilisation de la terre sur laquelle sont plantés des arbres à des fins économiques. De même, il n'existe aucun précédent en ce qui concerne les modalités de répartition des bénéfices entre de tels agents.

La présente étude passe en revue les incidences des régimes fonciers sur l'acceptation de la culture en couloirs dans le sud-ouest et le sud-est du Nigéria. Dans chacun des cas, nous procéderons à un examen général du régime foncier de la région, à partir, surtout, de sources secondaires. Nous présenterons, ensuite, des

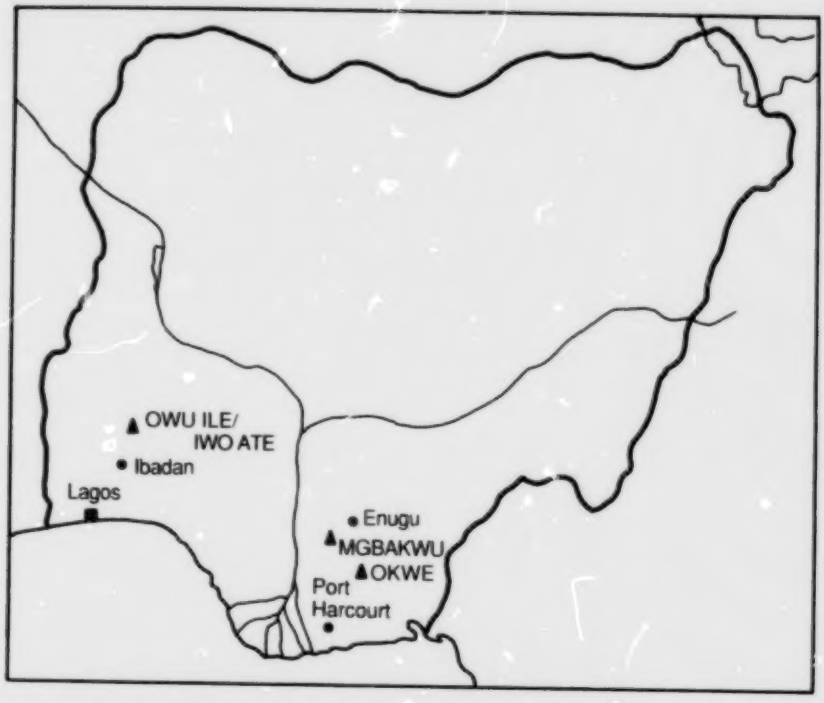

Fig. 1. Communautés dans lesquelles le Centre international pour l'élevage en Afrique (CIPEA) a réalisé des essais en ferme au Nigéria (▲).

études de cas portant sur des communautés dans lesquelles le Programme des zones humides du Centre international pour l'élevage en Afrique (CIPEA) a fait des essais en ferme de culture en couloirs (Fig. 1). Les études de cas comprennent de brefs exposés des structures sociales et des systèmes agricoles des communautés et un tableau des caractéristiques pertinentes du régime foncier local. Avant de passer aux conclusions générales, nous verrons comment les opportunités et les contraintes de ces systèmes ont influencé les agriculteurs à adopter et à utiliser des arbres dont les animaux broutent les feuilles. Enfin, la dernière partie de l'étude présente les conséquences générales de ces recherches.

Sud-ouest du Nigéria

Caractéristiques générales

Le régime foncier dans le sud-ouest du Nigéria présente des différences régionales prononcées. Sous l'influence de densités de population croissantes et de la propagation de la culture du cacao au cours de ce siècle, les régimes fonciers ont subi des changements considérables.

Les droits fonciers peuvent appartenir à des groupes sociaux très divers. Ces groupes peuvent être définis selon différents critères : politique, lieu de résidence, degré de parenté ou, encore, selon une combinaison de ces critères. Dans la plupart des régions, la propriété de la terre repose sur le lignage. Mais les critères de lignage sont loin d'être uniformes, en particulier, le côté des liens matrilinéaires (c'est-à-dire du côté de la mère). En général, le lignage est patrilinéaire; en pratique, cependant, divers autres liens de parenté, de même que des liens fondés sur une résidence commune, peuvent constituer la base de la participation aux activités et de l'accès à la terre. Lloyd (1962) a constaté que, dans certaines régions, les terres d'un même lignage étaient redistribuées chaque année à ses membres, et que, ailleurs, les membres du lignage devaient obtenir une permission spéciale pour mettre en terre des cultures permanentes. En règle générale, toutefois, que la terre soit obtenue par le biais de l'appartenance à une communauté ou à un lignage ou par héritage, le groupe élargi n'exerce que peu de contrôle sur l'utilisation de la terre et l'individu est libre de planter soit des cultures vivrières soit des arbres.

Ceux qui ne sont pas membres de groupes de propriétaires fonciers peuvent obtenir eux aussi le droit d'utilisation de la terre. Dans le système traditionnel, l'octroi de terres aux immigrants constituait simplement un aspect de leur intégration à la communauté. Lorsqu'un tribut était payé, il s'agissait d'une question de caractère politique plutôt qu'économique. À partir du moment où la rareté a conféré de la valeur à la terre, les relations entre les donateurs et les donataires de terres sont devenues plus spécifiquement économiques, bien que ce processus évolutif n'ait pas été le même partout. Des «étrangers» peuvent obtenir le droit d'accès à la terre de différentes façons. Le point le plus important, aux fins du présent exposé, réside dans le fait que l'octroi d'un terrain ne confère pas nécessairement le droit de planter des arbres (Galletti et al. 1956; Francis 1984).

Nonobstant ces restrictions, des étrangers ont réussi à obtenir des terres des groupes de propriétaires fonciers, pour planter des arbres à vocation économique. Les modalités de tels arrangements varient d'un endroit à l'autre. En général, un paiement initial est effectué au moment de l'octroi de la terre, et ce paiement est suivi de versements annuels en espèces ou en nature au propriétaire foncier. Ces paiements étaient connus sous l'appellation de *isakole* et on pouvait en exiger l'exécution en recourant à des tribunaux coutumiers. Avec le temps, les obligations et les implications sociales du fermage ont eu tendance à diminuer; parallèlement, le coût d'obtention de droits fonciers a augmenté.

Les cacaoyères, tout comme les autres améliorations apportées au sol par les hommes, sont considérées comme étant la propriété du planteur plutôt que celle du propriétaire foncier. Dans la plupart des régions, les agriculteurs ont le droit de louer, de donner en nantissement, ou autrement les cacaoyers en gage de prêts; ils peuvent également léguer les arbres à leurs héritiers. En règle générale, on autorise également les agriculteurs à vendre leurs arbres. Selon Berry (1975), les propriétaires fonciers d'Ibadan hésitent à autoriser de telles transactions, peut-être parce qu'ils craignent que les nouveaux propriétaires revendiquent la terre elle-même.

L'octroi de terres agricoles, soit aux membres des groupes de propriétaires fonciers soit à des agriculteurs, n'entraîne pas le droit d'exploiter des arbres à vocation économique qui occupent déjà la terre, qu'il s'agisse de pousses naturelles ou de plants mis en terre par un occupant antérieur. Pour exploiter des palmiers, en

particulier, il faut détenir des droits de propriété; aussi, les conflits au sujet des palmiers sont souvent des conflits fonciers. En règle générale, on peut prélever librement le bois de chauffage, bien que l'on ne puisse pas, pour ce faire, pénétrer sur une exploitation agricole cultivée par autrui.

Owu Ile et Iwo Ate

Les communautés limitrophes de Owu Ile et de Iwo Ate se trouvent à 22 km au nord-est d'Oyo, sur la route d'Ejigbo dans l'État d'Oyo. Elles se situent dans la zone de transition entre la forêt et la savane, et nombre de leurs habitants possèdent des exploitations agricoles dans les deux zones. Les sols sont surtout des alfisols et des entisols. La moyenne des précipitations annuelles est de 1 700 mm. Les deux villages comprennent environ 172 ménages avec une moyenne de 3,6 adultes par ménage (Okali et Cassaday 1985). L'agriculture constitue la principale activité des hommes. Il est fréquent que les femmes s'adonnent à l'agriculture indépendamment de leurs maris et, en général, elles se livrent à des activités lucratives comme la transformation des aliments et le petit commerce de détail, en plus de leurs tâches domestiques. L'exploitation agricole typique consiste en une superficie cultivée de 1 à 2 ha répartie en plusieurs parcelles. Elle peut être située jusqu'à 4 km du village. On ne pratique aucune culture dans les villages eux-mêmes, et les animaux errent à leur guise. La plupart des ménages possèdent de petits ruminants (3,4 moutons et chèvres par ménage).

On cultive surtout le manioc, les ignames et le maïs, mais aussi, bien que jouant un rôle moins important, le taro, le poivre, le niébé, la banane, la tomate, le pois cajan et l'okra. On récolte les fruits des palmiers pour leur huile. Dans la forêt, on cultive le cacao, le cola et les agrumes. Dans la savane, le caroubier (*Parkia clappertoniana*) et le karité (*Butyrospermum paradoxum*) poussent librement et on les récolte pour leurs fruits.

Le projet de recherche et de vulgarisation agricole pour la culture en couloirs du CIPEA a démarré à Owu Ile et à Iwo Ate à la fin de 1983 (voir Atta-Krah et Francis, dans ce volume). Ces communautés ont été choisies en raison de leurs activités agricoles et, en particulier, à cause de leur rôle dans l'élevage de petits ruminants.

La méthode culturale adoptée est celle de la rotation en jachère forestière. Après défrichage et brûlis, on se livre en général à la culture pendant environ 5 ans. Après cette période, la terre est mise en jachère pendant environ 5 ans. La durée effective de la jachère dépend des terres disponibles et des moyens dont on dispose pour les cultiver. Le travail manuel est la règle, bien que certains agriculteurs louent des tracteurs pour labourer leurs champs dans la savane. La main-d'oeuvre est constituée des membres du ménage, de travailleurs saisonniers migrants venant du nord, et de quelques manoeuvres qui sont des résidents permanents qui viennent des États du sud-est. Les travailleurs sont généralement engagés à la tâche.

Lors de réunions communautaires, on a expliqué aux agriculteurs les avantages que pouvait présenter la culture en couloirs. On a offert des semences d'arbres et donné des conseils sur la façon de les planter à ceux qui étaient intéressés. Mais on a laissé aux agriculteurs eux-mêmes le soin de prendre les décisions cruciales quant à la gestion et à l'utilisation des arbres. On a effectué un suivi serré de la participation, de la gestion et de l'utilisation, tandis qu'un agent résident du

gouvernement chargé de la vulgarisation a continué d'offrir des conseils aux agriculteurs. Soixante-seize agriculteurs à Owu Ile et à Iwo Ate ont pratiqué la culture en couloirs pendant la première année du projet; 40 autres s'y sont mis pendant la deuxième année.

La culture en couloirs a été pratiquée sur des terres provenant d'héritages (en règle générale, du père, mais dans un cas, de la mère), d'achats, de cadeaux, d'affermages ou de prêts. Ceux qui avaient affermé des terres initialement (qu'ils aient continué ou non à faire leurs versements) ou ceux qui cultivaient des terres empruntées avaient besoin de la permission préalable des propriétaires pour planter les arbres. Si certains propriétaires ont déclaré qu'ils ne permettraient qu'avec réticence aux agriculteurs de se livrer à la culture en couloirs, on ne connaît aucun cas où des intéressés se soient heurtés à un refus.

En règle générale, la femme qui cultive la terre de son mari demande la permission de son conjoint avant de pratiquer la culture en couloirs. Dans la plupart des cas, les veuves ont établi des exploitations agricoles sur la terre du mari défunt. En 1984, la première année du projet, les femmes étaient sous-représentées dans ce groupe. Alors qu'elles représentaient 60 % de la population adulte des deux villages, elles ne comptaient que pour 17 % parmi les agriculteurs s'adonnant à la culture en couloirs en 1984. Cependant, de nombreuses femmes ne considèrent pas l'agriculture comme leur occupation principale. La plupart se livrent à la transformation des aliments (principalement du manioc et de l'huile de palme) ou au petit commerce de détail, en plus de leurs tâches domestiques.

Au cours de la deuxième année du projet (1985), on a mis l'accent sur l'encouragement à la participation des femmes. En 1985, 50 % des cultures en couloirs étaient le fait de femmes. Par conséquent, la participation des femmes à la culture en couloirs sur le site du projet du sud-ouest semble avoir été déterminée moins par des facteurs liés au régime foncier que par l'existence d'autres impératifs quant à l'utilisation de leur temps, et par la démarche initiale adoptée pour la vulgarisation de cette technique.

À Owu Ile et à Iwo Ate, l'accès à la terre pour planter des arbres ne semble pas constituer une contrainte quant à l'adoption de la culture en couloirs. À cet égard, Owu Ile et Iwo Ate sont probablement représentatives des zones de la région les moins densément peuplées (les densités de population dans les zones du gouvernement local d'Ejigbo et d'Ogbomosho sont respectivement de 198 et 186 personnes/km^2 (Idachaba et al. 1981). Plus au sud, cependant, particulièrement dans les zones de culture du cacao, autour d'Ibadan, d'Ife et d'Ilesha, les densités de la population rurale sont beaucoup plus élevées et on dispose de moins de terre.

Écrivant au sujet de la ceinture cacaoyère au début des annés 50, Galletti et al. (1956) avaient déjà relevé qu'il n'y avait plus de terre «libre» là où la densité de la population approchait les 60 personnes/km^2, et que la plupart des familles ne possédaient pas assez de terre pour se payer le luxe de périodes de jachère adéquates. Les données recueillies par Galletti et al. (1956) ont également révélé que les terres obtenues d'autres familles en concession temporaire ou permanente représentaient 18 % environ des terres utilisées. Cette proportion a augmenté considérablement au cours des années suivantes. Entre 1952 et 1968, les statistiques de la division d'Ife montraient que la proportion de terres faisant l'objet d'un bail permanent avait augmenté de 15 à 39 % (Van den Driesen 1971). Vers 1968, la division d'Ife comptait davantage d'agriculteurs que de propriétaires, et

10 % seulement des ménages avaient des terres en réserve. Parallèlement à ces changements, on a remarqué qu'une proportion croissante des terres faisait l'objet de baux provisoires. Aussi, dans les zones où la terre est sollicitée de façon plus intense et où les modalités de l'affermage sont permanentes et plus précises, les agriculteurs, dont plusieurs cultivent des cultures vivrières en vertu de baux temporaires, peuvent se voir refuser le droit de pratiquer la culture en couloirs.

Sud-est du Nigéria

Caractéristiques générales

Les données sur le régime foncier dans le sud-est du Nigéria sont moins nombreuses, plus complexes et plus variées que celles du sud-ouest (Francis 1986). Leur complexité est largement due à l'existence de diverses catégories de terres auxquelles s'appliquent des règles et des modalités d'utilisation différentes. Les différences entre les zones reflètent les conditions écologiques, les densités de population et les systèmes agricoles propres à chacune d'elles. Il existe également dans la région des différences considérables en matière de dialecte et de terminologie.

Les principales divisions socio-politiques de la société traditionnelle Igbo sont la ville (connue généralement, du point de vue ethnographique, comme le groupe de villages), le village, le patrilinéage localisé et la famille élargie. Toutes ces entités, de même que les individus, peuvent posséder et contrôler des terres.

La classification des terres en fonction de l'entité sociale qui exerce le contrôle et détient la propriété est liée à deux autres critères de classification : l'organisation spatiale et l'utilisation des sols. La catégorisation spatiale des terres permet de distinguer les terres de l'enclos, les fermes avoisinantes et les fermes éloignées. La classification des terres selon leur utilisation permet de distinguer les bosquets, les pâturages et les terrains agricoles. Dans cette dernière catégorie, on distingue divers types de terres en fonction de la végétation et du type de sol (Jones 1949; Obi 1963).

Selon Obi (1963), les arbres et les plantes à vocation économique constituent une catégorie de biens distincte par rapport à la terre et aux biens meubles. La loi coutumière applicable aux arbres applique des règles différenciées aux différents types d'arbres. La distinction la plus fondamentale est celle qui est faite entre les arbres qui ont poussé seuls et ceux que l'homme a plantés. Tout arbre planté appartient à celui qui l'a planté. Par contre, les droits sur les arbres qui ont poussé tout seuls appartiennent, en règle générale, au propriétaire de la terre. Aussi, les arbres qui ont poussé tout seuls sur des parcelles appartenant à des individus sont la propriété exclusive du propriétaire foncier; cependant, les arbres à vocation économique qui poussent à l'état sauvage sur une terre communale appartiennent à l'ensemble du groupe propriétaire du fonds. Dans le cas d'un terrain agricole cultivé qui appartient à la commune, l'individu qui cultive la parcelle sur laquelle pousse l'arbre possède des droits exclusifs sur l'arbre aussi longtemps qu'il se livre à la culture.

Okwe

Okwe, dans l'État d'Imo, se situe dans la forêt, à 10 km au sud-est de Umuahia. La plus grande partie de la terre se trouve sur un plateau légèrement accidenté; à l'est, le terrain est plus montagneux et la pente plus prononcée. Les sols sont sablonneux et bien drainés. La moyenne annuelle des précipitations est légèrement inférieure à 2 200 mm. La densité de la population de la région du gouvernement local d'Ikuano-Umuahia est de 369 personnes/km^2 (Idachaba et al. 1981). Le recensement de 1963 a révélé que la densité de la population de la zone d'Okwe se situe entre 100 et 200 personnes/km^2. À partir de la superficie des exploitations agricoles, Lagemann (1977) a estimé la densité de la population de la zone d'Okwe à 250 personnes/km^2 en 1975. Les 276 ménages d'Okwe, qui regroupent une population adulte de 600 personnes environ, sont répartis en cinq sous-villages.

Il existe à Okwe trois principales catégories de terres. À chacune des catégories correspond une certaine utilisation de la terre. Autour de l'enclos, on trouve un système de culture à strates multiples avec une grande variété d'arbres (kola, papaye, noix de coco, agrumes, etc.) et des cultures vivrières (*Telfaria*, poivre, manioc). La zone de l'enclos est cultivée de façon continue et les ordures ménagères et le fumier des animaux vont enrichir la terre. Les «fermes avoisinantes» constituent la deuxième catégorie de terres. En règle générale, les parcelles de cette catégorie sont cultivées une année ou deux, bien que le rythme de rotation varie selon la disponibilité et la fertilité des terres. On fait pousser sur ces terres du manioc, du *Telfaria*, et d'autres légumes et condiments. La troisième catégorie de terres correspond aux «terrains éloignés». On y cultive principalement le manioc (mais également le maïs, le melon et l'igname amer). On observe un cycle cultural de 6 ans sur cette terre qui retourne à la jachère après une seule récolte de manioc.

Comme les terrains à proximité de la route sont rares, on achète souvent les terres destinées aux enclos à Okwe. Les modes de propriété des terres avoisinantes et des terres éloignées sont largement déterminés par l'héritage qui est la principale voie d'accession à la propriété mais non la seule. Comme les autres biens, la terre se transmet suivant la lignée patrilinéaire. Selon les principes qui régissent les héritages à Igbo, l'aîné des fils du défunt devient l'administrateur de la succession. Chaque type de terre fait l'objet d'un partage distinct. On commence par partager les terres en autant de parts qu'il existe d'épouses ayant un enfant mâle encore en vie. Les frères, tant du côté du père que du côté de la mère, se partagent la terre ou, plus souvent, continuent d'en être les propriétaires indivis, faisant le partage soit avant soit après le défrichage. Après l'héritage, la façon la plus courante d'accéder à la propriété foncière consiste à racheter, après le décès d'un ascendant, une terre que celui-ci avait donnée en garantie. La terre devient alors la propriété de celui qui la rachète.

À Okwe, la propriété foncière est principalement individuelle; cependant, il existe des modalités de gestion collective. Aux fins de la présente étude, la plus importante de ces modalités est l'établissement de rotations sur les terres éloignées par le sous-village. Le territoire est divisé en différentes zones et il est exploité selon un cycle de 6 ans en fonction duquel on détermine quel est le terrain qui sera cultivé au cours d'une année quelconque. L'année qui suit la récolte du manioc, la terre retourne à la jachère pour une période de 4 ans. Le système est bien établi et on considère généralement qu'il remonte à de nombreuses générations. Il semble

que le sous-village applique rarement des sanctions afin de faire respecter le cycle de rotation; en fait, on ne sait pas s'il aurait été en mesure de le faire. Cependant, les animaux nuisibles (principalement les cochons sauvages, les sauterelles et les rongeurs) causent de graves dommages à la périphérie des zones cultivées et constituent un risque grave pour toute personne qui commencerait à exploiter une parcelle dans une zone non encore mise en culture. Pendant une année quelconque, ceux qui n'ont pas de terre dans l'une des zones cultivées en louent à ceux qui ont des terrains excédentaires ou à des propriétaires absentéistes. Ces baux sont annuels. Le preneur défriche la terre et a le droit d'utiliser ou de vendre le bois qu'il récolte. La femme obtient des terres de son mari ou peut en louer elle-même.

Les arbres qui fournissent le bois d'oeuvre restent la propriété du groupe des parents du propriétaire foncier. En cas d'héritage, il n'y a pas de partage et les revenus qui en proviennent sont répartis entre les héritiers. N'importe quel membre de la communauté peut chasser et pêcher sur le territoire d'Okwe.

Le droit de propriété sur les palmiers varie également selon la zone d'utilisation de la terre. Les palmiers font l'objet d'appropriation individuelle dans les enclos et près des exploitations agricoles sur lesquelles on a souvent aménagé des plantations qui comprennent des variétés améliorées. Par contre, les palmiers qui poussent tout seuls sur les terres éloignées relèvent en règle générale de la commune.

Comment le régime foncier et les modes de propriété des arbres influencent-ils les chances d'acceptation de la culture en couloirs ? Les droits individuels sur l'enclos et les terres avoisinantes sont bien établis et autorisent celui qui les détient à planter des arbres. Cependant, la superficie relativement réduite de l'enclos est le site d'un système agricole intensif et complexe, et le coût d'opportunité de la terre est relativement élevé. Les terres avoisinantes sembleraient cependant se prêter à la culture en couloirs.

Dans les champs périphériques, qui constituent la catégorie la plus importante de terrains en termes de superficie et de production et où la question de la fertilité du sol est cruciale, le système d'utilisation et d'administration de la terre rend l'adoption de la culture en couloirs problématique. Le cycle agricole ne comprend qu'une seule période de mise en culture; après la récolte de ses cultures intercalaires, au terme de sa première saison, on se limite à sarcler le manioc et à lui donner les soins minimums jusqu'à ce qu'on le récolte. Dans le sud-ouest du Nigéria, où l'on fait deux récoltes par an pendant plusieurs années avant de retourner à la jachère, l'adoption de la culture en couloirs n'exige de sarclages supplémentaires ni pendant la deuxième année ni pendant les années subséquentes et ce, tant que la terre est cultivée. Cependant, en vertu du système d'utilisation de la terre qui prévaut à Okwe, le sol serait en principe abandonné après la récolte de manioc; aussi, tout travail d'entretien des terres consacrées à la culture en couloirs constitue un intrant supplémentaire. Compte tenu de la pauvreté relative et de l'acidité des sols de la région, il est peu probable que les arbres produisent assez de paillis, pendant l'année qui suit leur mise en terre, pour permettre de prolonger la période de culture au-delà de cette année. En outre, si un agriculteur prolongeait cette période, le nouveau système serait en rupture de phase avec le système de rotation admis par la communauté et appliqué à Okwe. Ce fermier se retrouverait vite à cultiver en solitaire et ses récoltes risqueraient d'être endommagées par des animaux. Enfin, ceux qui ne peuvent faire autrement que louer des terres ne seraient guère incités à investir pour améliorer la fertilité du sol car les baux sont toujours conclus pour un seul cycle cultural.

On a pratiqué des essais en ferme de culture en couloirs dans les deux sites du sud-est, en appliquant des méthodes identiques à celles décrites pour le sud-ouest. Les décisions prises par les participants reflètent les contraintes institutionnelles que nous avons décrites (Fig. 2). En 1984, 8 agriculteurs d'Okwe ont planté des arbres; en 1985, 11 autres en ont plantés. La première année, une seule femme — une veuve — avait planté des arbres. En 1985, trois des onze planteurs étaient des femmes et toutes les trois étaient veuves. On étudiera dans la section suivante la participation des femmes à la culture des arbres dont les feuilles seront broutées par le bétail, dans le sud-est, ainsi que la relation entre cette participation et les droits d'utilisation de la terre.

Tous les agriculteurs sauf quatre ont choisi de planter des arbres sur des fermes avoisinantes leur appartenant. Dans l'un des cas, la plantation a été faite sur un enclos abandonné. Les quatre femmes ont planté sur des fermes avoisinantes qui appartenaient à leurs maris défunts. Un agriculteur a planté des arbres près de son enclos. Dans trois cas, les arbres ont été plantés sur des terres éloignées; ces trois tentatives ont échoué. Deux jardins, destinés à assurer l'alimentation du bétail et qui avaient été aménagés sur des terres éloignées en 1984, ont été abandonnés et les terrains ont été remis en jachère. Les cultures en couloirs réalisées sur des terrains éloignés en 1985 n'ont jamais bien pris en raison de la nature marécageuse du sol.

Mgbakwu

La deuxième communauté du sud-est où le CIPEA a réalisé des essais en ferme est située à 8 km au nord d'Awka dans l'État d'Anambra. Elle se situe sur un terrain dégagé, légèrement accidenté, dans la zone intermédiaire de la savane. Les sols sont du type ultisol, pauvres en éléments nutritifs, et de pH faible. Les précipitations annuelles moyennes sont de l'ordre de 1 800 mm et d'une distribution bimodale. La densité de la population dans la zone du gouvernement local d'Awka est de 432 personnes/km^2.

Mgbakwu comprend 983 ménages, ce qui équivaut à une population adulte d'environ 2 800 personnes. La population est fragmentée en *umunna* («descendants du même père»), qui comprennent chacun environ 10 ménages. Les *umunna* sont des groupes pratiquant l'exogamie et ils constituent l'unité sociale sur laquelle repose le contrôle de la terre. Le nombre moyen d'adultes par ménage est de 2,8.

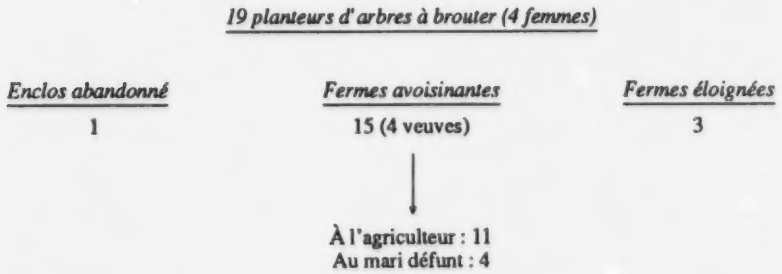

Fig. 2. Plantations par type de terre et par sexe, Okwe.

Comme à Okwe, on peut distinguer trois principaux types de terres : l'enclos ou la terre de la maison, la ferme avoisinante et la ferme éloignée. Tous les membres adultes de sexe masculin d'un *umunna* ont droit à une parcelle de terre devant servir à bâtir une maison. La parcelle sur laquelle est construite la maison et la maison elle-même reviendront aux descendants du propriétaire. Cependant, le *umunna* conserve certains droits de reprise : si une parcelle de la terre destinée à construire une maison n'est pas utilisée par un individu dans un délai raisonnable, le *umunna* peut, après avoir donné un préavis en bonne et due forme, l'allouer à un autre demandeur.

On plante des arbres autour de l'enclos et les principales cultures vivrières sont le taro et le coloquinte. C'est une culture continue qui bénéficie de l'application, dans l'enclos, des ordures ménagères et du fumier des animaux. Comme à Okwe, les chèvres et les moutons sont confinés dans l'enclos et on leur apporte leur nourriture.

Les fermes avoisinantes sont situées à proximité de la maison et elles sont cultivées chaque année ou tous les deux ans. Les principales cultures sont le taro, le manioc, l'igname et les légumes. Les ordures ménagères sont souvent acheminées jusqu'à cette zone. Les arbres tels que le papayer, le plantain et l'arbre à pain sont également très répandus.

Les parcelles éloignées qui appartiennent à des résidents de Mgbakwu s'étendent sur 10 km environ vers le nord de Mgbakwu. Le manioc est la principale culture dans cette zone. On le plante seul sur les crêtes ou, moins fréquemment, en culture intercalaire avec l'igname sur des buttes. On cultive aussi le pois cajan sur les parcelles éloignées. Après la récolte de manioc, on laisse la terre en jachère durant plusieurs années. Le cycle d'utilisation des parcelles éloignées s'étale généralement sur 4 ou 5 ans.

À l'exception des terrains déjà alloués pour construire des maisons, c'est le *umunna* qui possède presque tous les terrains agricoles avoisinants ou éloignés. En règle générale, le groupe titulaire du droit de propriété foncière comprend 10 à 60 adultes de sexe masculin qui sont propriétaires indivis d'une étendue de terre avoisinante de l'agglomération, ainsi que des parcelles éloignées. La répartition des terrains relevant de ces deux catégories se fait chaque année, à la suite du grand festival local de *Egwu Alusi*, au début de la saison des pluies. Les terrains agricoles avoisinants sont divisés et les membres choisissent leurs parcelles en suivant l'ordre d'ancienneté à l'intérieur du lignage. Ces terrains sont redistribués tous les ans ou tous les deux ans, et le *umunna* peut imposer des restrictions sur les cultures que l'on peut y cultiver.

Le *umunna* désigne également, à chaque saison, les parcelles de terrains éloignées qui seront utilisées pendant cette saison. Les membres adultes, accompagnés des agriculteurs éventuels, se rendent sur ce terrain et le divisent en parcelles dont les limites sont établies à l'aide de bâtons plantés en terre. La superficie de chacune de ces parcelles est d'environ 700 m^2. Chaque membre adulte de sexe masculin du *umunna*, qu'il résid[illegible] ou non à Mgbakwu, a droit à une parcelle dans chaque ensemble de propriétés. Les membres du lignage choisissent les parcelles selon leur ancienneté. En règle générale, une femme obtient une terre au titre de son mari ou, si cette parcelle s'avère insuffisante, par l'affermage. Une veuve a droit à des parcelles de terre agricole avoisinantes et éloignées relevant de l'*umunna* de son mari défunt.

Les terres jugées excédentaires sont affermées. Le produit de l'affermage est parfois immédiatement partagé; il arrive aussi qu'il soit affecté au financement de funérailles ou d'autres cérémonies religieuses qui concernent la collectivité dans son ensemble. Les individus auxquels on a attribué des parcelles peuvent choisir de louer toute parcelle excédentaire. L'argent provenant de telles transactions leur appartient. Les agriculteurs sont le plus souvent des individus appartenant à d'autres *umunna* de Mgbakwu qui ne disposent pas de suffisamment de terres pour la saison en question. Les baux portant sur des terres éloignées sont toujours conclus pour un seul cycle cultural. On loue également les parcelles des terres avoisinantes; ce cas est toutefois plus rare que le précédent. La durée du bail correspond à un cycle cultural.

Les ventes et les nantissements de terrains sont également reconnus à Mgbaku; ils sont toutefois fort rares. En vertu du droit collectif de propriété et de contrôle des terres, seul le *umunna* peut autoriser de pareilles transactions.

Des membres du *umunna* peuvent planter des arbres sur des terres avoisinantes qui appartiennent à la communauté. Ces arbres restent la propriété de celui qui les a plantés; seul celui-ci peut les récolter. Les femmes, comme les hommes, peuvent planter des arbres. Toutefois, la terre reste la propriété du *umunna* et rien ne garantit que le planteur pourra disposer de la terre durant les cycles futurs (bien que l'on puisse l'autoriser à choisir les mêmes parcelles, lors des redistributions futures).

On ne plante pas d'arbres sur les parcelles éloignées. Le bois d'oeuvre et d'autres arbres à vocation économique (par exemple, le raffia), dans les régions boisées, appartiennent au *umunna* qui possède la terre sur laquelle les arbres ont poussé. Le produit de la vente de ces arbres doit aller au groupe. On peut couper du bois de chauffage partout sur les terres éloignées, sauf sur les superficies cultivées. Contrairement à ce qui se passe à Okwe, on ne vend pas du bois de chauffage en dehors de la communauté. Tout membre peut chasser et pêcher sur le territoire de Mgbakwu.

Le régime foncier et les droits sur les arbres que l'on a pu observer à Mgbakwu sont différents de ceux qui existent à Okwe. Le principal propriétaire à Mgbakwu est le *umunna*; même les terres possédées à titre individuel sont octroyées par le *umunna*. Cependant, comme c'est le cas à Okwe, les droits sur les terres d'enclos sont à la fois individuels et bien établis et, dans cette région, tous plantent des arbres. Toutefois, la propriété communale et le contrôle par la communauté des terres agricoles avoisinantes ou éloignées ont d'importantes répercussions en ce qui concerne les possibilités de réaliser et de faire accepter la culture en couloirs. Si les membres du *umunna* ont le droit de planter des arbres sur les terres agricoles avoisinantes, ils ne sont pas assurés de pouvoir cultiver ces terres de façon continue. Sur les terres éloignées, c'est le *umunna* qui choisit chaque année les ensembles à utiliser et, par conséquent, la durée de la période de jachère. Les droits de l'agriculteur d'utiliser la terre ne portent que sur un seul cycle cultural et la terre revient au *umunna* après la récolte. Même si l'ensemble des parcelles est à nouveau mise en culture, 4 ou 5 ans plus tard, la terre sera divisée une nouvelle fois et chacun des intéressés peut recevoir une parcelle différente. Il faut rappeler que l'agriculteur d'une terre n'en a l'usufruit que pour une seule récolte. Par conséquent, ni les membres du *umunna* ni les locataires ne sont portés à investir pour améliorer la fertilité du sol. Même s'il fallait pratiquer la culture en couloirs sur un terrain éloigné, à Mgbakwu aussi bien qu'à Okwe, les travaux de sarclage

devraient se faire en plus. Aussi, si un agriculteur prolongeait la période culturale, il se trouverait à cultiver tout seul dans cette zone, avec les risques que représentent les animaux nuisibles, alors que les autres membres du *umunna* seraient déjà passés à un autre ensemble de terrains.

En 1984, 11 agriculteurs de Mgbakwu ont planté des arbres dont les feuilles seront broutées par le bétail; en 1985, 7 autres agriculteurs en ont plantés (Fig. 3). En 1984, tous les participants étaient des hommes. La faible participation des femmes, tant ici qu'à Okwe, indique qu'elles étaient désavantagées en ce qui a trait à l'accès aux terres sur lesquelles on peut planter des arbres. En 1985, une technicienne principale a été affectée aux sites du sud-ouest. Une de ses responsabilités consistait à étudier les raisons de ce phénomène. La même année, cinq des sept plantations ont été le fait de femmes. Comme à Okwe, toutes ces femmes étaient des veuves.

Si les épouses sont absentes de la liste des participants tant à Okwe qu'à Mgbakwu, elles ont souvent joué un rôle important dans la gestion des jardins destinés à l'alimentation du bétail et à la culture en couloirs. Il faut signaler en particulier qu'elles étaient traditionnellement responsables du sarclage. Elles s'occupaient également de la coupe des arbres pour le fourrage. Dans le cadre d'un ménage, toutes les chèvres (qui sont propriété individuelle) profitaient du brout qui est coupé soit par le mari, soit par la femme. Plus que les règles applicables au régime foncier, la structure du processus de prise de décisions, dans le cadre du ménage Igbo, est responsable du niveau apparemment faible de la participation des femmes au projet.

Treize plantations (72 %) ont été faites sur des terres d'enclos appartenant à des individus. Sept d'entre elles l'ont été dans l'enclos même des agriculteurs. Dans trois autres cas, des arbres ont été plantés sur des parcelles de terre à vocation résidentielle précédemment attribuées aux agriculteurs, mais sur lesquelles on n'avait pas encore construit. Les trois autres agriculteurs ayant planté des arbres sur des terres appartenant à des individus étaient des femmes. L'une d'entre elles avait planté dans l'enclos de son fils, où elle vit; une autre avait planté sur une parcelle de terrain résidentiel où son fils doit bâtir une maison; enfin, la dernière avait planté les arbres sur une parcelle de terrain résidentiel qui avait été attribuée à son mari défunt.

Les cinq autres plantations ont été faites sur des terrains avoisinants. Une femme avait planté sur un terrain ayant appartenu en propre à son mari. Dans trois autres

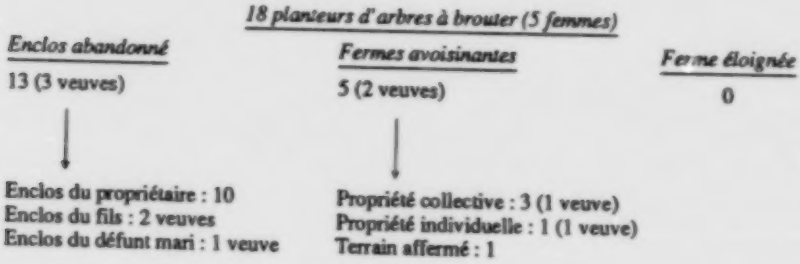

Fig. 3. Plantations selon le type de terre et le sexe, Mgbakwu.

cas (deux hommes et une femme), des arbres avaient été plantés sur le terrain qui était propriété collective du *umunna* du planteur (ou, dans le cas de la femme, sur le terrain au *umunna* de son mari défunt). L'autre plantation réalisée sur les terres agricoles avoisinantes était le seul cas, dans un site ou dans l'autre, dans lequel des arbres avaient été plantés sur des terres affermées : un homme avait planté des arbres sur une parcelle de terre avoisinante ayant été affermée de la famille de sa femme. La terre était propriété de l'*umunna* et les beaux-parents en avaient la jouissance à titre temporaire. Cette terre a été abandonnée après la moisson. On n'a jamais planté d'arbres dans les fermes éloignées.

Conclusions

Le régime foncier est d'une importance cruciale pour déterminer dans quelle mesure les cultures en couloirs sont acceptables et rentables. Cela ne signifie pas qu'il constitue des contraintes immuables en ce qui concerne l'innovation agricole. Comme le montre l'exemple du sud-ouest du Nigéria, le régime foncier peut se modifier et évoluer sous les pressions qui s'exercent sur la terre et les changements de techniques agricoles. Par ailleurs, tout régime foncier peut porter sur plusieurs catégories différentes de terres auxquelles s'appliquent des règles et des modalités différentes d'utilisation. Les modalités d'adoption de la culture en couloirs sont déterminées par les possibilités et les contraintes que suppose le régime foncier. Aussi, il est nécessaire de connaître sa dynamique et les «créneaux» pouvant s'offrir à l'innovation dans le cadre du système pour que l'on puisse concevoir et développer la culture en couloirs ainsi que les technologies agroforestières connexes.

Tout comme l'acceptation de la culture en couloirs dépend de la catégorie de terre en question, la capacité de planter et d'utiliser des arbres varie selon le statut social de l'agriculteur et les modalités d'accès à la terre. Les principales différences dont il faut tenir compte sont les conséquences du régime foncier qui sont propres aux hommes, d'une part, et aux femmes, d'autre part, aux autochtones d'un côté et aux étrangers de l'autre, aux propriétaires fonciers par opposition aux agriculteurs.

Comme la culture en couloirs permet de prolonger les périodes de culture, les avantages qui en découlent sont particulièrement importants là où la terre est rare. Compte tenu de la nature dynamique des régimes fonciers et de leur rôle quant au succès de la culture en couloirs, il est important de connaître les effets que le renforcement de la pression démographique et l'intensification de l'agriculture exerceront sur ces régimes fonciers. Dans le sud-ouest, les densités croissantes de population, la commercialisation agricole et la propagation de la culture du cacao ont conduit à l'individualisation des droits et à l'émergence de la location. En ce qui concerne les propriétaires fonciers, un contrôle individuel et à long terme sur la terre a créé des conditions favorables à la culture en couloirs. Cependant, l'importance croissante de la location dans la région (en particulier les baux temporaires) a pour conséquence qu'une fraction importante et toujours croissante de la population agricole peut être exclue de ces avantages.

Sous l'influence toujours croissante de fortes densités démographiques dans le sud-ouest, les terrains ont été réaffectés à d'autres fins. Ici, des fermes d'enclos soumises à une culture intensive sont associées au parcage du bétail et au recyclage

des ordures ménagères et du fumier. Lagemann (1977) a comparé des systèmes agricoles dans trois régions du sud-est présentant des similitudes écologiques, avec des densités de population différentes; la région la moins densément peuplée était Okwe. Les résultats révèlent que plus la pression démographique est forte, la superficie de la ferme, la complexité du recyclage et celle de la culture intercalaire et la quantité de bétail sont plus élevées. Parallèlement, la superficie totale de la terre cultivée par ménage diminue; les parcelles cultivées à l'extérieur de l'enclos sont plus petites et plus fragmentées. Les périodes de jachère sur ces parcelles sont plus brèves, les sols plus pauvres et les rendements sont plus faibles dans les zones les plus densément peuplées.

La ferme d'enclos semble toujours être la propriété d'un individu (ou, de façon plus précise, relève du chef du ménage). En raison de son importance croissante dans le cadre de l'intensification des cultures, l'intégration de la culture en couloirs semble un fait acquis (bien que la zone soit déjà caractérisée par la densité des plantations d'arbres et de cultures annuelles). Les données dont on dispose n'indiquent pas clairement comment l'accroissement de la pression démographique influe sur le régime foncier d'autres catégories de terre. Le besoin d'innovation devient plus urgent en raison de la baisse du niveau de fertilité du sol dans les zones les plus densément peuplées. Cependant, les études de cas évoquées ici révèlent que la pression exercée sur la terre ne conduit ni à un effondrement des systèmes communaux de propriété foncière et de gestion des terres ni à l'émergence de la propriété individuelle. Le CIPEA étudie actuellement la possibilité de lancer une initiative communautaire pouvant modifier les cycles et les rotations des cultures sur les terres relevant de la commune. En l'absence d'une telle innovation, il est difficile d'imaginer une modalité qui permettrait aux systèmes communaux mentionnés dans la présente étude d'évoluer vers la propriété individuelle.

Références

Berry, S.S. 1975. Cocoa, custom, and socio-economic change in rural Western Nigeria. Clarendon Press, Oxford, R.-U.

Francis, P.A. 1984. «For the use and common benefit of all Nigeria»: consequences of the 1978 land nationalisation. Africa, 54(3), 5–28.

_____1986. Land and tree tenure in humid West Africa: a bibliography. Centre international pour l'élevage en Afrique, Ibadan, Nigéria.

Galletti, R. Baldwin, K.D.S., Dina, I.O. 1956. Nigerian cocoa farmers. Oxford University Press, Londres, R.-U.

Hoekstra, D.A. 1982. *Leucaena leucocephala* hedgerows intercropped with maize and beans: an ex ante analysis of a candidate agro-forestry land use system for the semi-arid areas in Machakos District, Kenya. Agroforestry Systems, 1, 335–345.

Idachaba, F.S., Umebese, C.E., Akingbade, I.O., Adeniyi, A. 1981. Rural infrastructure in Nigeria: basic needs of the rural majority. Volume 2: State annexes. Federal Department of Rural Development, Lagos, Nigéria.

Jones, G.I. 1949. Ibo land tenure. Africa, 19(4), 309–323.

Kang, B.T., Wilson, G.F., Sipkens, L. 1981. Alley cropping maize (*Zea mays* L.) and *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* Lam.) in Southern Nigeria. Plant and Soil, 63, 163–179.

Lagemann, J. 1977. Traditional farming systems in Eastern Nigeria. African Studies. Special Series 98.

Lloyd, P.C. 1962. Yoruba land law. Oxford University Press. Londres, R.-U.

Obi, S.N. Chinwuba. 1963. The Ibo law of property. Butterworth & Co (Publishers) Ltd, Londres, R.-U.

Okali, C., Cassaday, K. 1985. Community response to a pilot farming project in Nigeria. African–American Issues Study Center, Boston University, Boston, É.-U. Discussion Paper 10.

Sumberg, J.E., McIntire, J., Okali, C., Atta-Krah, A.N. 1985. An economic analysis of alley farming with small ruminants. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba, Éthiopie. Document interne. 18 p.

Van den Driesen, I.H. 1971. Patterns of land holding and land use in the Ife Division of Western Nigeria. Africa, 41(1), 42–53.

Retombées économiques de la culture en couloirs

W.O. Vogel

Institut international d'agriculture tropicale PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Résumé *— Les évaluations portant sur la rentabilité de la culture en couloirs ont surtout porté sur son avantage pour l'agriculteur individuel. Cependant, les recherches des spécialistes des sciences physiques révèlent que l'agriculteur individuel ne peut en tirer que certains avantages; les autres vont à l'ensemble de la société. La décision d'investir dans la culture en couloirs est une décision individuelle. Cependant, comme les agriculteurs forment des groupes qui forment à leur tour une région, les avantages et les coûts augmentent par le fait même de cette intégration. La présente étude propose la programmation linéaire comme méthode d'évaluation ex ante de la culture en couloirs à différents niveaux d'intégration. De tels modèles mesurent les avantages qu'en tire la société et de nouveaux renseignements peuvent s'ajouter à mesure qu'ils deviennent disponibles. La culture en couloirs est comparée avec d'autres techniques qui permettent de maintenir la fertilité du sol et de lutter contre son érosion à long terme.*

Introduction

La dégradation du sol est l'un des problèmes les plus pressants en Afrique tropicale. La culture en couloirs, qui a fait l'objet d'essais dans les environnements les plus divers, est une technique qui offre la possibilité d'y trouver une solution.

Parmi les avantages de la culture en couloirs, on peut citer l'exploitation continue et le maintien de la fertilité du sol. Cela permet de réduire les travaux de défrichage, les dépenses en engrais et d'accroître éventuellement les revenus grâce à de meilleurs rendements. La demande de nouvelles terres peut aussi être réduite. On pourra alors sauvegarder des zones forestières précieuses. La culture en couloirs permet aussi de réduire l'érosion, d'où une diminution des coûts imputables aux dommages causés par l'érosion, tant sur les exploitations agricoles qu'en dehors de celles-ci. Les arbres utilisés dans la culture en couloirs peuvent contribuer à l'alimentation des animaux et les tiges peuvent servir de tuteurs pour les ignames ainsi que pour la production de bois de chauffage; la production de viande peut également augmenter.

Cette brève énumération montre que la culture en couloirs a bien des avantages tant pour les individus que pour la société. Les études sur les avantages de la culture en couloirs pour la société mais sans profit pour les agriculteurs (facteurs

externes positifs) sont rares. La présente étude porte sur les avantages de la culture en couloirs pour la société. On met l'accent sur l'élaboration d'une méthodologie afin d'évaluer ces avantages et d'identifier les principales lacunes et de mettre en lumière les domaines de recherche future.

Études antérieures

On a écrit durant les dernières années un nombre important d'études sur la culture en couloirs en Afrique tropicale. Les principales contributions viennent de l'Institut international d'agriculture tropicale (IIAT), du Conseil international pour la recherche en agroforesterie (CIRAF) et du Centre international pour l'élevage en Afrique (CIPEA). Sumberg et al. (1985) ont fait une analyse de ces études.

Les études agronomiques révèlent que la culture en couloirs permet une culture continue, avec des rendements modérés et stables, et constitue une solution de remplacement au système traditionnel des jachères. Les études économiques ont porté sur la rentabilité de la culture en couloirs dans le cadre de différents systèmes culturaux, suivant les vues des agriculteurs individuels. Raintree et Turay (1980) ont étudié la culture en couloirs et la production de riz; Verinumbe et al. (1984), le labour minimum; Hoekstra (1982), la culture en couloirs en régions semi-arides; Ngambeki (1985), l'utilisation des herbicides et de l'azote dans le cadre de la culture en couloirs. Selon les conclusions de toutes ces études, le rendement de la culture en couloirs, combiné aux différents systèmes de production agricole, sont suffisamment élevés pour encourager les agriculteurs à adopter cette technique.

Sumberg et al. (1985) étudient la rentabilité de l'utilisation, pour l'alimentation des petits ruminants, des élagages qui dépassent les besoins liés au maintien de la fertilité du sol. Ces auteurs arrivent à la conclusion que la production de denrées ou de fourrage à l'aide des feuilles excédentaires est à peu près également rentable. Francis (dans ce volume) concentre son attention sur le régime foncier en tant que contrainte d'ordre institutionnel à l'adoption de la culture en couloirs. Il arrive à la conclusion que les problèmes liés au régime foncier sont importants, mais qu'on doit se garder de les généraliser en raison de la souplesse relative de la loi coutumière.

De nombreuses faiblesses entachent les études économiques antérieures. La plupart d'entre elles utilisent des données provenant des stations expérimentales et qui ne sont peut-être pas réalistes lorsqu'il s'agit des exploitations agricoles. Se limitant aux seuls agriculteurs individuels, ces études ne tiennent pas compte des avantages importants de la culture en couloirs pour la société, ce qui a de nombreuses conséquences. En effet, on sous-estime les avantages réels de cette technique; aussi, la culture en couloirs ne reçoit pas l'attention qu'elle mérite de la part des chercheurs et des décideurs, ce qui peut conduire à une mauvaise affectation des ressources. Il faut remarquer également que les économistes ne transmettent pas aux spécialistes des sciences physiques les résultats de leurs recherches. Ainsi, des recherches menées dans des domaines rentables restent inexplorées.

La présente étude identifie les intrants et les extrants, et formule un modèle général pour l'évaluation de la culture en couloirs. Puis, on modifie ce modèle de façon à répondre aux objectifs de chacune des étapes de l'analyse.

Objectifs

La présente étude a pour objectif l'élaboration d'une méthodologie permettant de bien mesurer les avantages de la culture en couloirs pour la société. En règle générale, les décisions touchant la gestion de l'exploitation agricole sont analysées en fonction de la maximisation prévue du revenu net sur une certaine période. Des individus calculent le revenu qu'ils espèrent tirer d'une période de culture et comparent ce montant aux revenus qu'ils auraient retirés avec l'ancienne technique (Lee 1980). Leurs décisions d'investir peuvent être différentes selon le taux d'actualisation appliqué et l'horizon de planification choisi.

Qu'un agriculteur adopte ou non la culture en couloirs dépend de l'environnement institutionnel dans lequel il travaille. Toutes les fois qu'il existe un écart entre les avantages et les coûts individuels (privés) et généraux (sociaux), il existe des facteurs externes (Dahlman 1979). Pour décider d'adopter ou non la culture en couloirs, l'agriculteur tient compte du volume supplémentaire de maïs produit, de son prix et de l'évolution des coûts de production, par exemple. Il estime également le nombre d'années pendant lesquelles il peut récolter davantage de maïs, ainsi que de la valeur monétaire actualisée de l'accroissement total des récoltes. Si cette valeur dépasse nettement celle de la récolte de maïs que l'on obtiendrait sans la culture en couloirs, il décide souvent de l'adopter.

Cette décision dépend donc de plusieurs facteurs. L'évaluation de l'agriculteur sera d'autant plus précise que les renseignements sur les avantages de la culture en couloirs seront plus complets. Les agriculteurs ne tiennent compte que de la portion de leur revenu qu'ils gardent; ils ne relèvent que les coûts qui entraînent des déboursés. Aussi, un agriculteur ne tient pas compte des économies que la culture en couloirs a permis de réaliser en dehors de l'exploitation agricole. De même, il n'attribue aucune valeur à la réduction de l'érosion qui permet de diminuer, entre autres, les coûts d'entretien des canaux d'irrigation (Southgate et al. 1984). Il faut souligner également que si le droit d'utilisation de la terre que possède l'agriculteur est limité à quelques années seulement, il sera moins encouragé à pratiquer la culture en couloirs parce qu'il n'aura pas pu bénéficier pleinement de tous les avantages découlant de son investissement (voir Francis, dans ce volume).

On fait valoir habituellement que l'obtention de droits de propriété mieux établis encourage à investir dans la conservation des ressources. Southgate et al. (1984) font remarquer que les institutions doivent fonctionner de telle façon que les mesures permettant de faire valoir les droits de propriété n'engendrent pas, à titre de sous-produit, une détérioration de l'environnement.

Si on compare les avantages et les coûts de l'adoption de la culture en couloirs dans une région, il apparaît évident que ce dont l'agriculteur ne bénéficie pas peut profiter aux habitants de la région. De même, les coûts qui ne sont pas défrayés par un individu peuvent l'être par les habitants de la région. Supposons que tout un village a adopté la culture en couloirs et que l'excédent de maïs est commercialisé dans une ville voisine. L'accroissement de la production de maïs se traduira par une hausse des revenus des agriculteurs et les consommateurs de la région bénéficieront de prix moins élevés. De la même façon, les coûts liés au développement de la nouvelle technique seront vraisemblablement supportés par des sources extérieures. Cependant, si le service de vulgarisation est financé localement, chaque agriculteur a à payer sa quote-part.

Cet exemple montre que les coûts et avantages peuvent être ou internes ou externes, suivant le niveau d'intégration, c'est-à-dire si l'unité choisie est un individu, un village, une région ou un pays. Plus le niveau d'intégration augmente, plus les coûts et avantages deviennent internes. À chaque palier, on doit identifier les intrants et les extrants et décider quels sont les coûts et avantages internes et quels sont ceux qui sont externes.

Aux fins de l'évaluation, on suppose que tous les avantages d'une nouvelle technologie vont à la société plutôt qu'aux individus. Deux raisons au moins justifient cette façon de voir. Premièrement, la décision d'adopter la nouvelle technologie est prise par des individus qui ne tiennent compte que de leurs coûts et des avantages personnels. Les avantages globaux découlant de la culture en couloirs profitent à tous les agriculteurs; cependant, en tant qu'individu, l'agriculteur ne s'intéresse qu'à ce qui lui revient en propre. Deuxièmement, la somme des avantages que chaque agriculteur s'attend à recevoir n'est pas égale, en règle générale, aux avantages qu'il recevra effectivement. Chaque agriculteur peut s'attendre à ce que le rendement augmente lorsqu'on utilise beaucoup d'engrais. Cependant, une baisse des prix consécutive à l'augmentation de la production totale peut faire baisser la rentabilité du produit. Il est utile, pour analyser la politique à suivre, de supposer que les décisions sont prises par des individus et que les avantages vont à la société.

Cet exemple nous montre clairement que la société profite d'une partie des avantages, qu'il s'agisse de l'accroissement du rendement ou de la réduction des coûts; c'est l'environnement institutionnel dans lequel chaque agriculteur travaille qui détermine la part des avantages qui lui revient. L'environnement institutionnel, économique et politique détermine également l'horizon de planification de l'agriculteur.

Évaluation de la culture en couloirs

On présente ci-après une méthodologie générale d'évaluation des avantages économiques d'une nouvelle technologie. La méthode à suivre est présentée par paliers, chacun correspondant à un niveau différent (c'est-à-dire l'agriculteur, la région ou la nation). Ce niveau reflète le processus d'adoption de la technologie. Les effets de cette adoption sur l'économie changent également avec le niveau d'intégration, ce qui impose des ajustements au modèle. De même, cette méthode d'évaluation identifie à chaque niveau les avantages et les coûts, qu'ils soient internes ou externes.

Évaluation des avantages

Deux méthodes sont communément utilisées pour évaluer les avantages des recherches en agriculture : la méthode du surplus économique (ou du nombre indice) et la méthode de la fonction de production (Martinez et Sain 1983). Les deux méthodes se prêtent à des évaluations rétrospectives.

La méthode du surplus économique est plus appropriée pour deux raisons. Premièrement, elle exige moins de données et, deuxièmement, d'autres méthodes tiennent déjà compte des évaluations antérieures des investissements dans la recherche. Cette approche est basée sur le concept de surplus des producteurs et des consommateurs.

Les avantages pour les consommateurs (sous la forme de surplus) sont mesurés à l'aide de la surface délimitée par la fonction de production (*DD'*) et par la ligne du prix d'équilibre (*PA*). Les avantages pour les producteurs (surplus des producteurs) sont mesurés par la surface délimitée par la fonction de production (*OS*) et la ligne du prix d'équilibre (Fig. 1). La somme des deux surplus représente l'avantage qui va à la société. On ne tient pas compte ici des facteurs externes du côté de la demande; il ne s'agit donc que d'une analyse partielle.

La mise en oeuvre d'une nouvelle technologie peut accroître la productivité; la fonction d'offre serait alors déplacée vers la droite. La modification de la surface représente l'accroissement des avantages allant à la société (Fig. 2). Le changement intervenu dans le surplus des consommateurs est exprimé par les surfaces P_oACP_n plus *ABC*. Le gain est dû à une chute du prix de P_o à P_n et à une hausse des quantités de Q_o à Q_n. La surface *OCB* moins P_oACP_n exprime le changement survenu dans le surplus des producteurs. On peut estimer par des méthodes économétriques tant la fonction d'offre que celle de demande. La fonction d'offre contient une variable liée à la recherche, qui mesure le déplacement de la fonction attribuable aux dépenses de recherche. On peut calculer alors le changement survenu dans le surplus des consommateurs et des producteurs. On a montré que, quelle que soit la forme mathématique de la fonction, la valeur clé que ce modèle doit permettre d'estimer est le changement en pourcentage de la valeur de production que l'on peut attribuer à la recherche.

Exigences du modèle

La méthode décrite a servi principalement à une évaluation rétrospective (*ex post*) de la technologie. Cependant, pour aider les décideurs en matière agricole, il faut procéder à une estimation des avantages possibles (*ex ante*) de la culture en couloirs. Un modèle d'évaluation *ex ante* doit permettre de représenter au moins certains des aspects de l'environnement physique, biologique et humain dans lequel

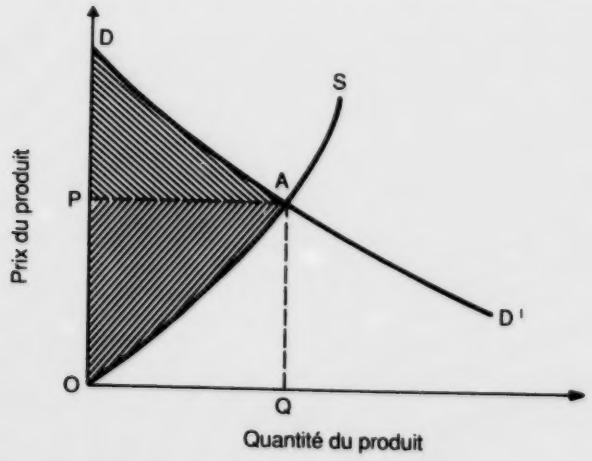

Fig. 1. Les courbes d'offre et de demande et la mesure du surplus des consommateurs et des producteurs.

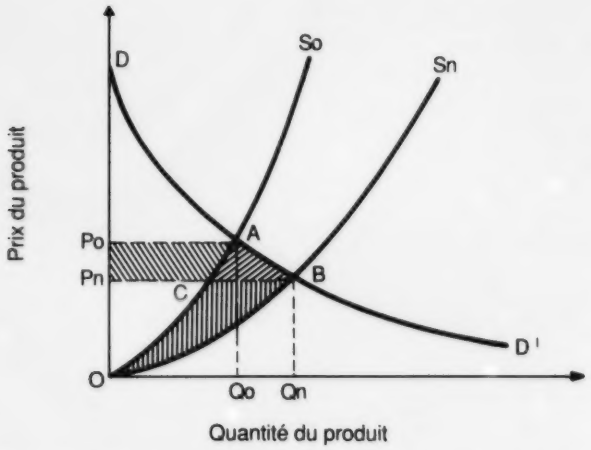

Fig. 2. Un modèle théorique pour mesurer les avantages sociaux de la recherche agricole (source : Zentner et Peterson 1984).

l'agriculteur travaille. Il devrait être possible de dégager quelques-unes des principales raisons motivant les décisions des agriculteurs. Le modèle devrait être souple car il devrait permettre l'évaluation d'un large éventail de solutions en matière de techniques de production, tout en pouvant être mis en oeuvre à chacun des niveaux d'intégration. Aussi, le modèle devrait permettre de faire des changements aux hypothèses. Son exploitation ne devrait pas coûter cher, l'interprétation des résultats devrait être facile, et les exigences en matière de données devraient être raisonnables.

La programmation linéaire, une technique largement utilisée, répond à ces critères (pour une analyse des récents progrès dans le domaine de la programmation linéaire, voir Anderson et al. 1977; Norton et Solis 1983; Vogel 1984). Les avantages de la culture en couloirs pourraient être évalués en trois étapes correspondant aux trois paliers d'intégration (Tableau 1).

Tableau 1. Modèles comportant des niveaux d'analyse et leurs caractéristiques de programmation.

Niveau	Caractéristiques du modèle[a]
Exploitation agricole	PL PL + risque
Région	PL PL + Risque Fonctions de demande intégrées + risque
Nation	Plusieurs régions pour PL Plusieurs régions pour PL + risque Plusieurs régions avec fonctions de demande intégrées + risque

[a] PL, programmation linéaire.

La présente étude n'offre qu'un exposé raisonné des grandes lignes de certaines spécifications des modèles. Il s'agit du modèle fondamental de programmation linéaire (PL) pour l'exploitation agricole, le modèle de l'exploitation agricole incluant le risque, et le modèle régional avec des fonctions de demande intégrées et le risque. Tous les modèles sont des extensions de la programmation linéaire pour l'exploitation agricole. Les nouvelles formulations proposées essaient d'intégrer un plus grand nombre des objectifs des agriculteurs et de saisir les modifications de prix à des paliers plus élevés.

Modèle de base pour l'agriculteur individuel

On peut présenter comme suit le modèle de base de la programmation linéaire :

Max $\Pi = p'y - c'x - F$

à condition que $Dx \leq b$; $x \geq 0$

étant entendu que Π est le bénéfice, p est un vecteur $n.1$ des prix d'équilibre sur le marché, y est un vecteur $n.1$ des rendements, c est un vecteur $n.1$ des coûts unitaires des intrants, x est un vecteur $n.1$ des niveaux d'entreprises, F représente les coûts fixes, D est une matrice $k.n$ des coefficients des intrants, et b est un vecteur $k.1$ des restrictions aux ressources.

Le modèle se fonde sur l'hypothèse que les prix, les quantités et les coefficients ne sont pas stochastiques, c'est-à-dire qu'il ne tient pas compte du risque. L'agriculteur maximise les bénéfices et le risque est neutre. D'autres buts, comme l'auto-suffisance alimentaire, pourraient être intégrés et apparaîtraient comme des restrictions dans la matrice de la technologie. Plusieurs technologies de remplacement pourraient être spécifiées et évaluées, et de nombreuses ressources pourraient être intégrées. On pourrait spécifier, par période, le travail, le capital et les demandes alimentaires, ainsi que les disponibilités alimentaires; à propos de la terre, on pourrait spécifier le type et la déclivité du sol. On pourrait intégrer également les exigences en matière de rotation des cultures. L'agriculteur pourrait considérer comme une donnée les prix de ses produits, c'est-à-dire qu'ils ne varient pas en fonction de l'augmentation ou de la diminution de la quantité mise en marché (la courbe de la demande est horizontale). Aussi, ce modèle ne peut mesurer que le surplus des producteurs qui, dans le cadre des caractéristiques retenues, est identique aux bénéfices des particuliers. Aux premières étapes de l'adoption de la culture en couloirs, lorsque ceux qui la pratiquent sont encore peu nombreux et éloignés les uns des autres, cela reste une hypothèse réaliste. Le modèle de PL ne retient qu'une seule période d'analyse. L'actualisation doit être faite séparément ou, alors, il faut mettre au point un modèle qui tient compte de plusieurs périodes.

Avantages et coûts inclus

Une augmentation du revenu brut des producteurs peut avoir deux origines : un accroissement de la production des cultures et de l'élevage et un accroissement de la valeur des arbres pour l'agriculteur. La production des cultures peut augmenter pour deux raisons : l'accroissement des superficies ou l'augmentation de la productivité de la terre. Dans plusieurs régions, la production des cultures est déterminée par la taille de l'exploitation agricole, qui est elle-même limitée par la rareté de la main-d'oeuvre durant les travaux de défrichage et de sarclage. La culture en couloirs a pour effet de réduire et, finalement, de libérer la main-d'oeuvre affectée

au défrichage des terres. Elle entraîne un accroissement de la main-d'oeuvre pour l'élagage, mais elle réduit cette demande aux fins de sarclage (Tableau 2). Ces deux tâches doivent être exécutées durant la même période. L'étude de Ngambeki et Wilson (1984) sur la main-d'oeuvre pour l'élagage ne permet pas de se prononcer sur son effet net. Il faudrait faire d'autres recherches pour en connaître davantage à ce sujet. On pourrait peut-être modifier la technologie de façon que l'on soit assuré d'une réduction dans les besoins en main-d'oeuvre.

Kang et ses collaborateurs ont démontré que l'on peut améliorer la productivité en relevant les niveaux de fertilité du sol, en augmentant la capacité de retenue d'eau et en réduisant l'érosion (Kang et al. 1981; Kang et al. 1984; Kang et al. 1985). À des fins de comparaison, on pourrait employer des données établissant la liaison entre le rendement agricole et l'érosion (Lal 1983) afin d'estimer le rendement en dehors de la culture en couloirs.

L'avantage que tire l'agriculteur de l'utilisation de l'engrais dépend de la réaction de la récolte à cet intrant. On peut s'attendre, par exemple, à ce que les agriculteurs qui pratiquent la culture en couloirs augmentent leur production de maïs en exigeant des variétés de maïs qui réagissent davantage à l'azote.

La culture en couloirs peut réduire le risque de deux façons. En cas de sécheresse, le maïs planté en couloirs souffre moins du manque d'humidité que les autres plantations de maïs (J. Mareck, communication personnelle). Ceci peut réduire les fluctuations de rendement et allonger la période de croissance pendant

Tableau 2. Avantages et coûts mesurés à l'aide d'un modèle de programmation linéaire pour l'exploitation agricole.

Inclus dans le modèle	Exclus du modèle
Avantages	
Fertilité améliorée (produit moyen supérieur)	Économie de devises pour l'acquisition et la distribution d'engrais[a]
Passage à des cultures sensibles à l'azote(?)	Expansion dans la région en raison d'un risque moindre(?)
Expansion en raison de l'effet du défrichage, du sarclage, de l'élagage et du travail(?)	Diminution du taux d'érosion et dégradation des terres hors de l'exploitation agricole
Lutte contre l'érosion, si elle permet une réduction de coûts pour l'agriculteur et de meilleurs prix pour ses cultures	Valeur de la terre conservée
Tuteurs et bois de chauffage provenant des arbres	
Coûts	
Terres occupées par les arbres	Contribution aux progrès technologiques par les institutions nationales et internationales de recherche
	Service de vulgarisation

[a] Ces économies pourraient être calculées à l'aide d'un sous-programme.

les deux saisons culturales. Selon les agriculteurs, cela permet de réduire les coûts et peut les porter à accroître la densité des plants ou des superficies plantées.

Un autre risque auquel font face la plupart des agriculteurs est l'instabilité dans l'approvisionnement d'engrais. Ceci peut pousser les agriculteurs qui ont peur du risque d'éviter les variétés réagissant facilement aux engrais. Avec la culture en couloirs, l'engrais vient directement des arbres; cette source d'engrais étant garantie, l'agriculteur peut alors choisir des variétés qui réagissent bien aux engrais. Si on ne tient pas compte du facteur de risque que constitue un approvisionnement en engrais qui n'est pas fiable, le modèle peut surestimer la production et l'utilisation par les agriculteurs des engrais et des produits chimiques.

On peut mesurer les effets potentiels d'un accroissement de la production de bétail, de tuteurs pour les ignames et de bois de chauffage (venant des arbres), dans le cadre de la culture en couloirs, en intégrant les ventes dans la fonction économique. En général, la valeur d'une ressource augmente avec sa rareté. La valeur de la terre et de sa production est plus élevée dans les régions à forte densité de population que dans les régions faiblement peuplées. Le prix de la main-d'oeuvre dans ces régions sera inférieur aux prix des récoltes, des pieux et du bois de chauffage. Les propriétaires fonciers retiendront alors une part accrue des bénéfices provenant de leurs récoltes et disposeront de quantités accrues de bois à vendre. Cette pratique sera encouragée par la demande et on sera d'autant encouragé à adopter la culture en couloirs.

Les coûts internes que suppose ce modèle proviennent du fait qu'on a dû affecter aux plantations d'arbres des terres que l'on aurait pu consacrer à la production agricole. Le rendement par hectare sera moindre. Cependant, Sumberg et al. (1985) soutiennent que les densités des plantations sont faibles actuellement et que l'on pourrait augmenter la population des plantes sans sacrifier le rendement.

Avantages et coûts exclus

Ce modèle ne rend pas compte de certains avantages qui vont à la société. Le surplus des consommateurs, si surplus il y a, n'est pas mesuré et il est vraisemblable que l'estimation de la variation du surplus des producteurs soit trop faible parce que les effets de réduction du risque que représente la culture en couloirs ne sont pas inclus.

Un avantage que tire la société des économies d'engrais réside dans la baisse des dépenses en devises pour les importations d'engrais, de produits pétroliers et de véhicules. On peut estimer ces économies en calculant la quantité d'engrais qui aurait été nécessaire pour que l'on obtienne la production supplémentaire. Des économies seront également enregistrées quant aux coûts en main-d'oeuvre, mais elles le seront en monnaie nationale. Parmi les autres économies, on peut citer une réduction du taux d'érosion en dehors des exploitations agricoles (par exemple, une réduction des coûts d'entretien des canaux d'irrigation). Le déboisement est ralenti; cela, à son tour, peut freiner la désertification. On pourrait allonger la liste de ces avantages, mais il serait difficile de les quantifier. Les coûts externes à ce modèle sont ceux de la mise au point et de la vulgarisation de la technologie.

Bref, ce modèle rend compte d'une portion considérable des avantages de la nouvelle technologie. On peut estimer quelques avantages supplémentaires en utilisant les renseignements générés par le modèle. Le modèle surestime le surplus des producteurs qui provient des cultures à risque et ne tient pas compte des effets

de réduction de risque de la culture en couloirs sur de telles cultures. Cependant, ces effets seront probablement faibles comparativement aux avantages liés aux gains de fertilité du sol. Dans l'ensemble, on peut supposer que ce modèle sous-estime les avantages de la culture en couloirs.

Modèle de base pour l'agriculteur fortement hésitant face au risque

Les petits agriculteurs, spécialement ceux qui pratiquent l'agriculture de subsistance, sont généralement hostiles au risque. En règle générale, on suppose que le risque peut être mesuré par les fluctuations des rendements nets.

Lorsque le risque est inclus dans le modèle, la fonction économique doit être réinterprétée. On suppose alors que l'agriculteur cherchera à maximiser son utilité plutôt que son bénéfice. L'utilité globale peut être considérée comme un avantage pour la société. On suppose que les prix et les rendements sont stochastiques et que leur distribution est normale. Le modèle pour la ferme individuelle se présente comme suit :

$$\text{Max } U = p'Mx - c'x - \varnothing\,(x'\Omega x)^{1/2} - F$$

à condition que $Dx < b$; $x > 0$

Les changements dans la notation (rotation) sont les suivants : U représente l'utilité, p est un vecteur $n.1$ des prix anticipés, M est une matrice $n.n$ des rendements attendus, $\varnothing$ est le coefficient d'hostilité au risque, que l'on suppose souvent égal à 1, et Ω est une matrice de variance–covariance $n.n$ des prix et des rendements.

La caractéristique supplémentaire de cette spécification réside dans la matrice de variance–covariance des prix et des rendements. La matrice rend compte de l'effet des prix et des quantités sur la production, leur évolution pouvant aller dans le même sens ou non. L'agriculteur a une certaine idée de la distribution des prix et des rendements; toutefois, tout résultat particulier constitue un événement aléatoire.

Un agriculteur hésitant face au risque interpréterait les fluctuations comme un coût et tenterait de réduire au maximum les fluctuations des rendements totaux nets de l'exploitation agricole, pour tout rendement net qui aurait été anticipé. Par exemple, s'il prévoit que deux activités auront les mêmes rendements nets, l'agriculteur choisira peut-être celle qui comporte le moins de fluctuations. De même, si l'agriculteur sait que le rendement net d'une culture peut augmenter tandis que celui d'une autre peut baisser, ou vice et versa, il plantera peut-être les deux cultures de façon à réduire le risque au minimum. Cela justifie en partie le recours à la culture intercalaire. Si la culture en couloirs réduit le risque lié, par exemple, au rendement du maïs, on cultivera peut-être davantage de maïs, mais pas forcément au détriment d'autres cultures.

On peut obtenir la matrice de variance–covariance à partir des données des séries chronologiques portant sur les rendements nets des opérations, ces séries étant corrigées pour éliminer la tendance. Les écarts à la moyenne servent d'approximation à la variance (Hazell 1971). La méthode de l'approximation permet d'utiliser les algorithmes de la programmation linéaire.

Il faut davantage de données pour ce modèle. On ne mesure que les avantages individuels pour une année. Cependant, les résultats traduisent de façon plus fidèle le comportement des agriculteurs. Ce modèle rend pleinement compte des variations du surplus des producteurs qui résulte de l'évolution du risque et qui est externe au premier modèle (Tableau 2).

Avantages de la culture en couloirs dans une région

Si on considère la région dans son ensemble, la plupart des avantages découlant de l'adoption de la culture en couloirs seront internes. Les caractéristiques des modèles peuvent rester inchangées, mais on doit se pencher sur deux problèmes. Le premier touche le caractère particulier de l'intégration. Le second se pose lorsque la région est vaste et qu'un grand nombre d'agriculteurs ont adopté la culture en couloirs. Dans ce cas, on doit incorporer au modèle les renseignements relatifs à la demande. On décrit ci-après un modèle régional.

Lorsque des agriculteurs sont intégrés à des groupes ou à des régions, les contraintes auxquelles font face les agriculteurs individuels peuvent ne pas l'être pour le groupe ou la région. Par exemple, si on intègre des exploitations agricoles disposant de superficies excédentaires mais faisant face à une contrainte en matière de main-d'oeuvre, et des exploitations agricoles disposant d'une main-d'oeuvre excédentaire mais faisant face à une contrainte au niveau des superficies, aucune de ces contraintes individuelles ne deviendra une contrainte globale. Par conséquent, les résultats des modèles intégrés ont tendance à montrer une surestimation de la production des cultures les plus rentables et représentant le moins de risque. On peut l'éviter, dans une certaine mesure, en intégrant des exploitations agricoles soumises à des contraintes identiques (Frick et Andrews 1965; Miller 1966).

Quand on considère des régions plus vastes, l'hypothèse selon laquelle des variations de la production n'exercent aucune influence sur les prix perd toute vraisemblance. On devrait y ajouter des renseignements relatifs à la demande. Une estimation de l'élasticité serait suffisante. L'élément prix de la production dans la deuxième équation est remplacée alors par une fonction linéaire du surplus des consommateurs (Hazell et Scandizzo 1974).

Ce type de modèle présente deux avantages. Premièrement, il atténue le caractère biaisé de l'intégration. Comme le prix de la production est fonction de la quantité, un accroissement de la production d'une culture provoque une chute de son prix et rend les autres cultures plus rentables. Il se produit une réaffectation des ressources en faveur de la production de ces autres récoltes. Deuxièmement, on peut calculer le surplus des producteurs comme celui des consommateurs.

Le choix du modèle devant être utilisé pour une région ou pour la nation dépend des renseignements disponibles. Du point de vue théorique, les modèles de PL qui incluent le risque conviennent aux régions et aux pays aussi longtemps que les variations de la production n'exercent qu'une influence négligeable sur le prix. Si tel n'est pas le cas, il faudrait incorporer les fonctions de demande.

Quant à savoir quels sont les avantages et les coûts de la culture en couloirs qui sont internes à la région ou au pays, cela dépend dans une large mesure de l'étendue de la région. On doit, encore une fois, se fonder sur les renseignements disponibles pour déterminer si le modèle peut rendre compte de ces coûts et avantages. En

Ngambeki, D.S. 1985. Economic evaluation of alley cropping *Leucaena* with maize-maize and maize-cowpea in Southern Nigeria. Agricultural Systems, 17, 243–258.

Ngambeki, D.S., Wilson G.F. 1984. Economic and on-farm evaluation of alley cropping with *Leucaena leucocephala*. Farming Systems Program, Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan, Nigéria.

Norton, R.D., Solis, M. 1985. The book of CHAC. Programing studies for Mexican agriculture. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, É.-U. 602 p.

Raintree, J.B., Turay, F. 1980. Linear programing model of an experimental *Leucaena*-rice alley cropping system. IITA Research Briefs, 1(4), 5–7.

Southgate, D., Hitzhusen, F., MacGregor, R. 1984. Remedying Third World soil erosion problems. American Journal of Agricultural Economics, 66, 879–884.

Sumberg, J.E., McIntire, J., Okali, C., Atta-Krah, A. 1985. An economic analysis of alley farming with small ruminants. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba, Éthiopie. 25 p.

Verinumbe, I., Knipscheer, H.C., Enabor, E.E. 1984. The economic potential of leguminous tree crops in zero-tillage cropping in Nigeria: a linear programing model. Agroforestry Systems, 2, 129–138.

Vogel, W.O. 1984. An economic analysis of the potential sunflower acreage in the upper midwest. University of Minnesota, Minnesota, MN, É.-U. Thèse de doctorat. 240 p.

Zentner, R.P., Peterson, W.L. 1984. An economic evaluation of public wheat research and extension expenditures in Canada. Canadian Journal of Agricultural Economics, 30, 327–353.

La culture intercalaire de haies : quelques questions d'ordre écologique et physiologique

P.A. Huxley

Conseil international pour la recherche en agroforesterie,
Nairobi, Kenya

Résumé *— Des espèces ligneuses productives et utiles, telles que celles que l'on retrouve dans les systèmes agroforestiers systématiquement gérés, ont fait leur apparition au terme d'adaptations à caractère évolutionniste, sous la pression des exigences environnementales. La présente étude porte sur certains des aspects pertinents du renouvellement des éléments nutritifs, de l'exploitation du climat et de la capacité de repousse des espèces ligneuses. Les limites de la production de biomasse ont été modélisées et on a pu les évaluer. Nous savons maintenant que la proportion des substances assimilables qui vont au renouvellement des racines minces peut avoir pour effet, dans certains cas, de réduire le feuillage; cependant, il reste encore à étudier l'ensemble des budgets de carbone pour la culture intercalaire de haies. Lorsque la biomasse de la plante est retirée du site (par exemple, par la récolte ou avec le fourrage constitué par les feuilles, etc.), les avantages à long terme pour le sol diminueront, faute d'intrants. Il convient d'étudier plus à fond cette question. Dans la plupart des cas de culture intercalaire de haies, le maintien du rendement s'explique probablement par ses effets à court terme sur le sol et l'environnement. Cela devient évident si on compare les effets de la couverture des arbres sur le site « dans le temps, et si on les oppose en en tirant un modèle.*

Quelques questions d'ordre écologique

Évolution

Au cours des siècles, l'homme a choisi, distribué et géré de diverses façons des mélanges d'espèces de plantes, afin d'obtenir de meilleurs rendements alimentaires et autres produits. Certains de ces systèmes d'utilisation de la terre font appel à des espèces ligneuses vivaces. Les espèces ligneuses vivaces, comme toutes les autres formes de vie végétale, ont assuré leur survie en résistant à diverses contraintes. Elles ont peut-être aussi évolué, dans certains cas, en tant que plantes «rudérales» (plantes qui croissent parmi les décombres (Grime 1977)), ce qui a plusieurs répercussions en agroforesterie.

Il est important de comprendre que toute espèce possède des attributs morphologiques et physiologiques reliés à un ensemble particulier de besoins d'ordre écologique. Il est également inévitable que ces attributs déterminent la capacité et les limites de cette espèce de plante, quant à sa productivité et à son utilité dans un système agroforestier géré par l'homme.

Pour améliorer la sélection et notre connaissance des espèces, de même que la gamme des techniques de gestion applicables, on doit comprendre quelles ont été l'évolution de l'espèce et ses possibilités en matière d'écologie. Par exemple, dans un environnement pauvre en éléments nutritifs, une espèce ligneuse à croissance relativement rapide et «compétitive» dans les premières étapes de son développement, risque plus de souffrir d'une pénurie précoce d'éléments nutritifs qu'une espèce à croissance plus lente qui s'est adaptée «pour survivre». On ne peut pas s'attendre à ce qu'une espèce dotée surtout de caractéristiques lui permettant de survivre produise un taux élevé de biomasse. Aussi, après avoir été élaguée dans un système de haies, une telle espèce ne réagit pas rapidement en produisant une nouvelle pousse.

Recyclage des éléments nutritifs

Les espèces ligneuses vivaces ont une plus grande capacité pour absorber les éléments nutritifs des couches de sol inférieures que les espèces annuelles et les herbes vivaces. Cependant, cette capacité d'absorption dépend étroitement du volume (profondeur) des racines, de même que du niveau et de la durée de l'enracinement. En fait, le recyclage des éléments nutritifs (et en dernière analyse l'enrichissement du micro-site sous les arbres ou les arbustes) dépend non seulement de ces variables, mais aussi du niveau d'accumulation d'éléments nutritifs dans les plantes et de la longévité des feuilles et des racines minces (et des nodules, pour les espèces légumineuses). Tous ces facteurs, pris isolément ou en combinaison avec d'autres, sont devenus des caractéristiques qui ont évolué pour garantir à l'espèce une place ou niche (Pianka 1978).

Exploitation du climat

Pouvoir tirer profit des périodes climatiques qui leur sont favorables, mieux que ne le font les espèces saisonnières ou annuelles, est une caractéristique que l'on attribue généralement aux arbres, aux arbustes et aux plantes grimpantes ligneuses. Cela s'explique par la structure permanente des espèces ligneuses, qui supporte un dôme de verdure à feuilles persistantes. En fait, ces espèces ligneuses ont une grande variété de réponses phénotypiques (Huxley et van Eck 1974; Huxley 1983a). Il est donc possible d'adopter des méthodes tactiques très différentes pour résoudre les problèmes de survie, de compétition de sélection des variétés rudérales. En outre, ces réactions peuvent être modifiées par un changement de climat. Les caractéristiques d'une espèce à feuilles persistantes ou à feuilles caduques peuvent alors ne plus être les mêmes.

Il est important de comprendre ces réactions aux changements de climat pour pouvoir déterminer si une espèce peut s'adapter aux changements de lieu ou pour connaître le système qui convient le mieux à une espèce (l'élagage ou l'irrigation au moment approprié) pour assurer sa croissance. Carr (1974) a démontré que le thé irrigué offre un meilleur rendement pendant la saison sèche, mais aussi qu'il se

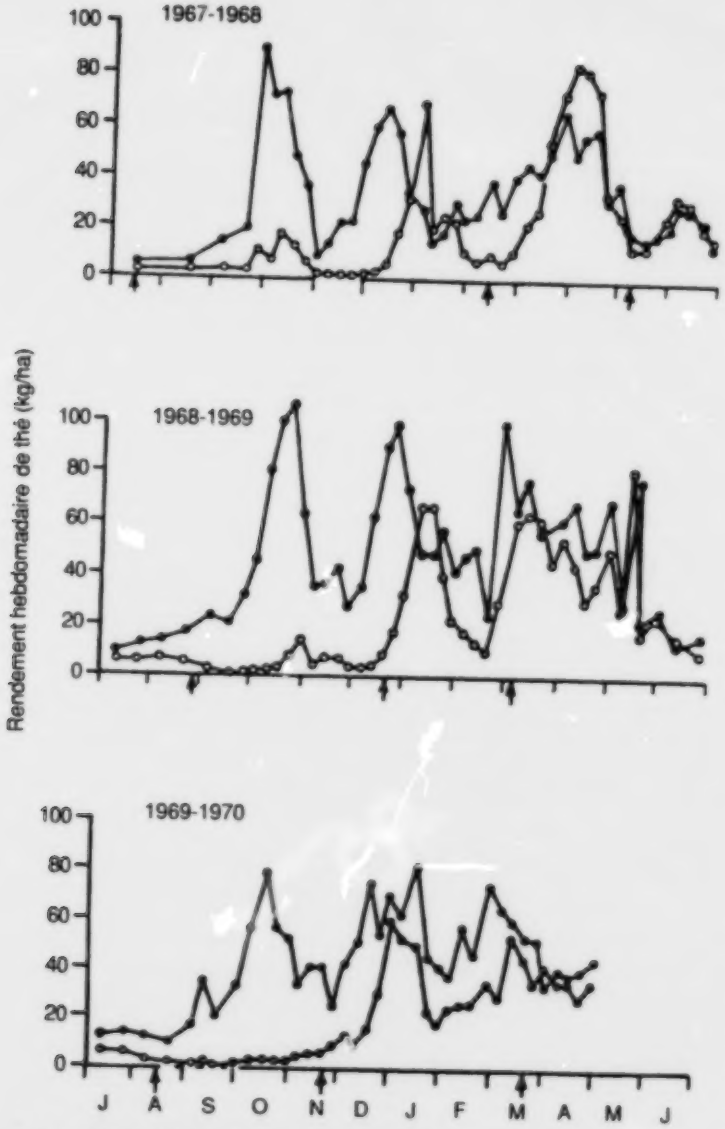

Fig. 1. Le rendement du thé selon la saison pour des arbustes non irrigués (cercles ouverts) et des arbustes irrigués (cercles fermés) (les flèches désignent des applications d'engrais) (source : Carr 1974).

caractérise par un schéma de «déploiement» différent (Fig. 1). Comme les haies sont taillées à intervalles réguliers, on doit bien comprendre leur capacité de déploiement et ses conséquences.

Capacité de repousse

Les bourgeons dormants de plusieurs espèces ligneuses peuvent repousser au-dessous d'une pointe de sarment. Des mécanismes tant endogènes qu'exogènes contrôlent alors le nombre de repousses et leur rythme de reproduction. Ces mécanismes et la morphologie des bourgeons de la plante (Fig. 2) sont influencés par les réactions génétiques de la plante aux exigences écologiques. Cela signifie que la plante doit, soit exploiter son environnement immédiat (dans lequel des feuilles peuvent agir comme un organe d'agression), soit conserver des ressources de l'environnement pour survivre. Il faut s'arrêter davantage à la repousse des branches et aux réactions des arbres multi-fonctionnels à l'élagage.

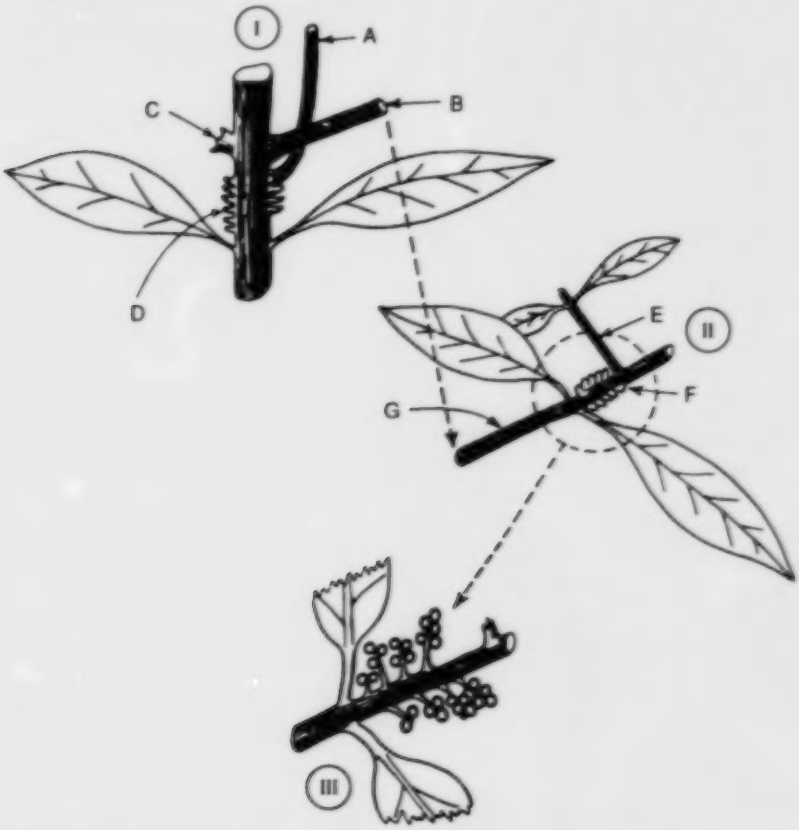

Fig. 2. Série de bourgeons qui se forment dans les sarments des feuilles de l'espèce *Coffea* I, pousse verticale (orthotropique); A, talle (orthotropique); B, branche primaire (plagiotropique); C, «tête de série» bourgeon; D, séries de bourgeons (4–6); E, branche secondaire (plagiotropique); F, «tête de série» bourgeon souvent manquant; G, branche primaire; III, les séries de bourgeons donnent naissance à des inflorescences (3–6 fleurs, chacun).

Leçons d'écologie pour les agroforestiers

Les systèmes agroforestiers relativement complexes gérés par l'homme peuvent nous permettre de comprendre les stratégies de survie adoptées par des plantes qui poussent dans divers environnements. Comprendre ces stratégies serait utile car on pourrait alors identifier les espèces à utiliser dans un site agroforestier particulier. Elle aidera également à mettre sur pied un système de gestion efficace.

Limites de la production de biomasse

Les améliorations génétiques apportées à la plupart des récoltes résultent plus de l'accroissement des récoltes de matières sèches que de l'augmentation nette de carbone (Gifford et Evans 1981; Cannell 1985). On a obtenu de meilleurs rendements à partir d'idéotypes améliorés et des mélanges d'espèces. Il est possible de prévoir la production maximum de matières sèches par un dôme de feuilles réalisant activement la photosynthèse, lorsque l'apport en eau et en éléments nutritifs n'est pas restreint. On peut aussi calculer le potentiel de croissance maximale pour une saison (ou des saisons) (FAO 1978).

La période de croissance des plantes dont les racines sont profondes, comme certains arbres et quelques herbes, peut être plus longue que celle des espèces à racines peu profondes. Cela est dû au fait qu'ils absorbent plus d'eau. Leur dôme persiste plus longtemps que celui des plantes provenant de graines. Aussi, l'ajout d'un arbre à un mélange de plantes, qu'il s'agisse de la culture intercalaire de haies ou d'un autre système, peut permettre de tirer un meilleur profit des ressources de l'environnement. Le climat peut limiter toutefois la production de biomasse (Tableau 1).

Il est évident que les dômes de verdure ne sont pas tous identiques et qu'ils ne gardent pas indéfiniment les mêmes caractéristiques structurales ou physiologiques.

Tableau 1. Fourchettes approximatives de la production nette de biomasse (*A*, t/ha par année) pour différentes écozones et fourchettes prévues de ratios de matières sèches de plantes (*B*, % du total).

Production de biomasse		Ratio de matières sèches		
Écozone	Fourchette	Partie de la plante	Frugifère	Nonfrugifère
Semi-aride	5–15	Racines	11–22	15–30
Aride en saison	15–25	Tige[a]	18–30	25–40
Plateaux tropicaux	25–35	Feuilles	15–26	20–35
Terres basses des tropiques humides	35–45	Fruits	≤35	—

Note : Pour une écozone quelconque, $A \times B$ estime le rendement des arbres multifonctionnels qui peuvent diminuer en raison d'une couverture incomplète du sol, d'une mauvaise gestion, d'animaux nuisibles ou de maladies, ou d'intempéries. Voici des rendements «satisfaisants» (t/ha) : maïs, 1,5–3,0 ; manioc, 15–20 ; légumes graminés, 0,5–1,0 ; canne à sucre, 40–60 (teneur en sucre de 10 % environ) ; oranges, 10–20 (poids frais) ; noix d'acajou, 1,0–1,5 ; café, 1,0–2,0 ; plantations de bois durs tropicaux, 25–35 m^3/ha par année ; pins tropicaux, 15–45 m^3/ha par année.

Source : Huxley (1985a).

[a] On pourrait utiliser comme bois de chauffage 80 % environ de la tige.

D'un point de vue théorique, par exemple, un dôme de verdure d'une espèce herbacée recouvrant entièrement le sol devrait produire plus de matières sèches qu'une forêt. Si les forêts peuvent avoir une capacité supérieure de production brute (leur albédo étant plus faible), leur production nette est moindre en raison des contraintes supplémentaires imposées par les structures portantes (Kira et Kimura 1983). Les estimations de la production de biomasse de différentes variétés de plantes en divers environnements (prairie, forêt, cultures vivrières) se chevauchent considérablement (Lieth et Whittaker 1975; Lieth 1978; Cannell 1982). On n'a pas comparé les estimations détaillées de la biomasse des différents environnements où croissent des plantes ligneuses et non ligneuses, relativement à leur saison de croissance sur un même site homogène.

On ne dispose pas, non plus, de données relatives à la production totale de biomasse des associations agroforestières à vocation commerciale. En attendant que l'on dispose de ces statistiques, les modèles systématiques de production de plantes herbacées (Loomis et al. 1979; Connor 1983) et de productivité de la forêt (McMurtrie 1985) pourraient suffire à les estimer.

Enlèvement de certaines parties des plantes

Distribution de la matière sèche

De très nombreuses études ont montré que les plantes, tant ligneuses qu'herbacées, répartissent la matière sèche qu'elles accumulent en fonction d'un équilibre entre différentes «affectations». Aussi, il existe, à n'importe quelle étape de leur croissance, un équilibre fonctionnel entre les taux de croissance relative des racines et des pousses. Cette relation peut changer en raison de modifications en matière de nutrition, d'eau et de lumière. Le fait qu'un arbre donne des fruits influe sur la distribution qui se fait entre ses parties végétatives; c'est la croissance des racines qui en donne le plus. La présence de fruits réduit l'ensemble de la croissance végétative; par ailleurs, elle peut augmenter la production totale de matière sèche par plante (Ledig 1983; Cannell 1985).

Quand certaines parties d'un arbre ont été récoltées, sa production subséquente de matière sèche aura tendance à restaurer la relation allométrique initiale entre racines et pousses. Aussi, les facteurs qui tendent à limiter l'activité des pousses feuillues auront pour effet d'acheminer vers les racines une plus grande proportion d'éléments nutritifs. De même, sous l'influence des facteurs qui limitent l'absorption d'eau ou d'éléments nutritifs, une plus forte proportion d'éléments nutritifs se rendront jusqu'aux racines. Il en résultera, dans l'un et l'autre cas, une réduction de la croissance globale, aussi longtemps que le dôme sera exploité efficacement.

Un cas tout à fait particulier se présente lorsque le dôme préalablement élagué avait un rendement photosynthétique inefficace (en raison d'une vieille couche d'herbes sur les haies, ou après une maladie). Dans une telle situation, si on enlève une partie du dôme, ce qui permet le renouvellement des feuilles, dont la photosynthèse est plus active, on peut obtenir une meilleure croissance globale (élagage régénérateur).

Gestion des haies

En élaguant certaines parties supérieures des plantes ligneuses, on peut obtenir une réduction de l'accroissement subséquent de la biomasse; une plus forte proportion de cet accroissement se présentera sous la forme de nouvelles pousses feuillues. Pour pouvoir en tirer le meilleur profit, il faudrait modifier la périodicité et l'intensité de l'élagage de façon que la croissance des pousses feuillues soit supérieure à ce qu'elle aurait été en l'absence de tout élagage. Si on augmente la fréquence des élagages, on observe généralement une réduction du taux d'accroissement de la biomasse (Tableau 2).

Renouvellement des racines minces

Nouvelle découverte

Une des plus intéressantes des récentes découvertes fondées sur l'étude approfondie de la gestion du carbone par certaines essences d'arbres nous apprend qu'une beaucoup plus grande proportion de matière sèche qu'on ne le croyait précédemment peut être consacrée à la respiration et à la croissance des racines, spécialement au renouvellement des racines minces (Bowen 1985; Cannell 1985). Dans certains cas, par exemple, où les arbres poussent sur des terres épuisées (McMurtrie 1985), 40–60 % du total du carbone qui s'est fixé en une saison provient de la respiration et de la croissance des racines (Tableau 3).

Cette découverte a plusieurs incidences en agroforesterie et sur la culture intercalaire de haies en particulier. Par exemple, la quantité de carbone organique qui retourne au sol après la mort et la décomposition des racines minces (et

Tableau 2. Production annuelle de biomasse (kg/arbre, poids sec) de *Erythrina poeppigiana* écimé, une fois, deux fois ou trois fois par an à Turrialba, Costa Rica.

Intervalle d'écimage (mois)	Biomasse de feuilles	Biomasse de branches	Biomasse totale écimée
12	11,7±3,4 (3270)	54,3±13,8 (15200)	66,0±17,2[a] (18470)
6	13,9±4,0 (3900)	28,2±8,1 (7900)	42,2±12,7[b] (11800)
4	15,5±5,0 (4340)	12,5±4,9 (3510)	28,0±9,8[c] (7850)

Note : Les valeurs entre parenthèses expriment la production de biomasse en kilogrammes par hectare (280 arbres/ha, ce qui correpond à un espacement de 6 × 6 m).

Source : Russo et Budowski (1985).

[a] Données sur 24 arbres, un écimage.

[b] Données sur 48 arbres, somme de deux écimages.

[c] Données sur 12 arbres, somme de trois écimages.

Tableau 3. Récentes estimations élevées de l'accroissement de la biomasse des racines de quelques espèces de plantes sélectionnées.

Espèces	Bois des tiges/ écorce des tiges	Production annuelle nette (t/ha)			
		Branches	Fruits etc.	Feuilles	Racines (est.)
Picea sitchensis (R.-U.)	16,43	4,30	—	6,01	5,28[a] 3,15[b]
Forêt naturelle d'arbres à feuilles caduques					
Liriodendron tulipifera	1,11	0,57	0,20	3,09	2,55[c]
Avec *Quercus* spp.	0,39	0,46	—	—	
Pinus echinata (É.-U.) (litière ligneuse)[d]	0,59	0,02	0,50	0,37	
Carya tomentosa (sous-étage)	0,52	0,04	0,02	0,10	
Forêt de la seconde génération					
Pseudotsuga menziesii (É.-U.)	1,37	0,27	—	2,41	9,16[e]
Castanea chrysophylla	—	—	—	—	
Alnus rubra	—	—	—	—	
Forêt expérimentale					
Pseudotsuga menziesii (É.-U.)	4,30	—	—	—	8,5–10,2
Tsuga heterophylla	0,60	—	—	—	
Arbustes	0,40 (pertes)	—	—	—	

Source : Huxley (1986), extrait de Cannell (1982).
[a] Racines minces.
[b] Racines épaisses.
[c] Estimation portée par la suite à 9 t/ha par année.
[d] Arbustes de sous-étage.
[e] Avec une rotation estimée de racines de mycorhizes.

peut-être avec les exsudats des racines) pourrait en principe être aussi importante que celle que l'on accorde à une litière feuillue.

Pour le moment, l'expérience montre que tout système continu de culture et de moisson peut entraîner une détérioration du sol. Lorsqu'il s'agit de sols argileux acides et de faible activité (oxisols et ultisols), la détérioration se produit rapidement. Même lorsque la culture continue s'accompagne d'applications régulières de paillis et de fumier, le déséquilibre des éléments nutritifs du sol ou la mauvaise réaction du sol peut provoquer des chutes de rendement. Certaines modalités d'amélioration du sol (addition d'engrais phosphatés ou de chaux) peuvent s'avérer ensuite nécessaires même s'il s'agit de systèmes relativement adaptés à cette façon de procéder, notamment le système de pâturages.

La quantité annuelle des résidus de plantes permettant l'amélioration du sol et provenant de la culture intercalaire de haies, varierait entre 3 t/ha, dans les régions semi-arides et 8–10 t/ha dans les régions tropicales humides. À moins que les sols ne soient, au départ, d'une pauvreté intrinsèque, même le niveau le plus élevé de résidus peut être insuffisant pour améliorer la productivité du sol. Si les parties

élaguées des haies sont destinées au fourrage ou au bois de chauffage, il est évident que toute amélioration à long terme du sol s'en trouve remise en question.

On accorde sans doute trop d'importance à l'azote en tant qu'élément clé de la fertilisation du sol. En effet, il ne faut pas négliger de rechercher l'équilibre de tous les autres éléments nutritifs et des caractéristiques physiques du sol. Glover et Beer (1986), se fondant sur plusieurs expériences faites en Amérique centrale, ont souligné l'importance de nombreux autres éléments nutritifs qu'on peut ajouter aux feuilles coupées ou aux résidus. De nouvelles études devraient être menées sur la question plus générale de l'enrichissement du sol, grâce aux résidus provenant d'arbres multifonctionnels. Il faudrait aussi se pencher davantage sur le rythme des modifications à long terme du sol. Dans bien des cas (par exemple, enrichissement d'un micro-site), un calendrier écologique serait plus approprié qu'un calendrier agronomique.

Modifications à court terme du sol

Les effets à court terme de l'application de résidus de plantes peuvent être considérables, particulièrement pour l'accélération de la croissance des racines et pour l'activité des plantes vivrières. On peut citer également, parmi ces effets à court terme, un apport d'eau et d'éléments nutritifs dans la couche arable au moment opportun, ainsi que l'amélioration de la germination des semences dans les régions chaudes, grâce à un abaissement de la température du sol. Ces effets sont importants dans les régions à faible pluviosité et où les sols sont épuisés. La réduction de la vitesse du vent et l'amélioration des régimes de température et d'humidité peuvent également avoir des effets bénéfiques.

Si l'on doit exploiter et étendre aux régions dont l'environnement est moins favorisé des mélanges d'arbres–cultures vivrières, comme la culture intercalaire de haies, on doit également étudier les moyens qui peuvent contribuer à la réussite à court terme de cette façon de procéder. On doit aussi étudier toutes les possibilités qu'elle offre, en l'analysant dans diverses conditions environnementales.

Mélanges arbres–cultures vivrières

Modélisation

Lorsqu'on veut constituer un mélange arbres–cultures vivrières, une bonne façon de l'envisager commence par déterminer ce qui se produira sous un arbre unique ou sous un petit groupe d'arbres appartenant à une seule espèce. Ce qui se produira avec un mélange arbres–cultures vivrières reste un problème bien plus complexe. On peut modéliser un mélange arbres–cultures vivrières (Fig. 3) pour déterminer les changements en fonction de la saison, en ne tenant compte que des facteurs liés au sol ou aux plantes, ou une combinaison des deux, afin d'évaluer de façon globale la productivité du sol. Nous avons présenté ailleurs une étude approfondie de ce modèle (Huxley 1983b, 1985b, 1986).

On dispose de certains renseignements tirés des expériences réalisées sous les tropiques au sujet des modifications à long terme du sol, avec différentes cultures vivrières. Cependant, on ignore presque tout des changements survenant dans le

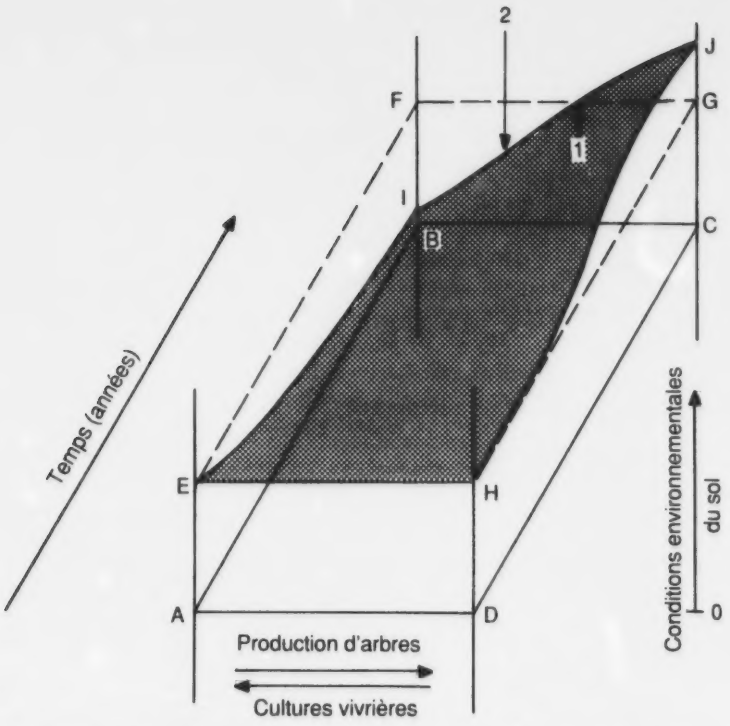

Fig. 3. Surface hypothétique suite aux changements de saison, de sol, avec 100 % de cultures vivrières (à gauche), 100 % d'arbres (à droite), et tous les ratios intermédiaires (explications plus détaillées dans le texte : Huxley 1986).

sol, lorsque celui-ci est couvert d'arbres multifonctionnels. Il existe bien quelques méthodes d'approche théoriques en ce qui concerne la prédiction des modifications, au cours du temps, dans des circonstances différentes (en ce qui a trait, par exemple, au carbone organique du sol; Young 1986), mais les chercheurs ne sont guère renseignés sur ce qui se passe avec des mélanges d'arbres–cultures vivrières. Il est donc difficile, dans l'état actuel des recherches, de déterminer la forme exacte que peut prendre la surface du sol.

Occupation du sol : l'espace et le temps

Sur des sols moyennement fertiles recevant suffisamment de pluie pour favoriser la production de biomasse (pluviosité annuelle de 1 000 mm), des haies distantes de 4–5 m garantissent un rendement constant (voir d'autres études dans le présent volume). Ce type de système ne couvre que 20–25 % de surface; la couverture sera moindre si les arbres sont plus distants les uns des autres.

Dans la Figure 3, l'axe vertical représente l'état de la fertilité du sol qui régresse avec le temps sous un régime de culture (E à I) et s'améliore sous couvert arboré

(H à J). Comme nous le montre le modèle à la fin de la période indiquée, le niveau de fertilité du sol serait maintenu par le ratio du couvert végétal arboré indiqué sur FG (1). Un couvert arboré de 25 % (haies) donnerait la fertilité indiquée en 2.

Dans ce mélange, le nombre des arbres ne suffit pas à maintenir la fertilité du sol, si l'on tient compte des conditions propres à ce modèle particulier (Fig. 3). Une des réactions suivantes doit se produire : une faible diminution relative de la fertilité du sol en cas de culture continue, une plus grande amélioration de la fertilité du sol avec une plus grande densité d'arbres, ou une augmentation bien plus importante dans le cas du mélange arbres–cultures vivrières (une surface de réactions fortement convexe). Le chercheur peut décider si l'une des deux premières options est appropriée, compte tenu du site. Si aucune de ces deux options n'est appropriée, ou si aucune d'elles ne parvient encore à relever suffisamment la situation, avec 20–25 % de surface, la conclusion qui s'impose serait peut-être que la culture intercalaire de haies offre de meilleurs avantages que les cultures associées (avantages que l'on n'obtient pas avec des cultures en rotation après avoir laissé pousser une seule couverture d'arbres).

On peut signaler, à titre de comparaison, que dans un système où la jachère dure de 12–15 années, suivies de 3 ou 4 années de culture, la couverture des arbres représente 80 % ou plus. Même si on suppose que le dôme des arbres ne recouvrira pas intégralement le sol durant les premières années, il existe encore un large écart en ce qui a trait à la production vivrière, avec une couverture spatiale d'arbres d'égale proportion (par exemple la culture intercalaire de haies et le temps (rotation des cultures)). Pour une étude approfondie de ces méthodes, consulter Huxley (1986).

Tout ce qui précède appuie la thèse selon laquelle il est probable que ce n'est qu'à court terme qu'un important ensemble d'influences expliqueront la réussite de la production vivrière, là où les mélanges arbres–cultures vivrières sont espacés (et spécialement là où les arbres sont périodiquement écimés et où les résidus des plantes restent sur place). Si, sur des types de sol approprié, on doit provoquer des changements de sol à long terme dans des régimes de culture intercalaire de haies, il faudrait probablement mettre au point un système d'alternance des cycles de culture entre les haies, avec des périodes durant lesquelles on laisserait les haies croître, déposer leurs résidus, et accumuler de la biomasse (tout cela restant sur place). Ces régimes de rotation des haies (voir Reynolds et Atta-Krah, dans ce volume) doivent être étudiés de façon plus approfondie car ils combinent leurs avantages à court et à long terme pour le sol étudié conformément au modèle choisi.

Références

Bowen, G.D. 1985. Roots as composts of tree productivity. *In* Cannell, M.G.R., Jackson, J.E., éd., Attributes of trees as crop plants. Institute of Terrestrial Ecology, National Educational Research Council, Edimbourg, R.-U., 303–315.

Cannell, M.G.R. 1982. World forest biomass and primary production data. National Educational Research Council, Edimbourg, R.-U.

——1985. Dry matter partitioning in tree crops. *In* Cannell, M.G.R., Jackson, J.E., éd., Attributes of trees as crop plants. Institute of Terrestrial Ecology, National Educational Research Council, Edimbourg, R.-U., 160–193.

Carr, M.K.V. 1974. Irrigating seedling tea in Southern Tanzania: effects of total yields, distribution of yield and water use. Journal of Agricultural Science, 83, 363–378.

Connor, D.J. 1983. Crop models: components of and contributions to models of agroforestry plant associations. *In* Huxley, P.A., éd., Plant research and agroforestry. Conseil international pour la recherche en agroforesterie, Nairobi, Kenya, 249–256.

FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). 1978. Report on the Agro-Ecological Zones Project. Volume 1. Methodology and results for Africa. FAO, Rome, Italie.

Gifford, R.M., Evans, L.T. 1981. Photosynthesis, carbon partitioning and yield. Annual Review of Plant Physiology, 32, 485–509.

Glover, N., Beer, J. 1986. Nutrient cycling in two traditional Central American agroforestry systems. Agroforesty Systems, 4, 77–78.

Grime, J.P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. American Naturalist, 111, 1169–1194.

Huxley, P.A. 1983a. Phenology of tropical woody perennials and seasonal crop plants with reference to their management in agroforestry systems. *In* Huxley, P.A., éd., Plant research and agroforestry. Conseil international pour la recherche en agroforesterie, Nairobi, Kenya, 503–525.

_____1983b. The role of trees in agroforestry: some comments. *In* Huxley, P.A., éd., Plant research and agroforestry. Conseil international pour la recherche en agroforesterie, Nairobi, Kenya, 257–270.

_____1985a. The basis of selection, management and evaluation of multi-purpose trees — an overview. *In* Cannell, M.G.R., Jackson, J.E., éd., Attributes of trees as crops plants.Institute of Terrestrial Ecology, National Educational Research Council, Édimbourg, R. U., 13–35.

_____1985b. Note: The prediction of biological productivity and sustainability of tree-crop mixtures. Tropical Agriculture, 63, 67–70.

_____1986. Rationalizing research hedgerow intercropping: an overview with some comments and suggestions. Conseil international pour la recherche en agroforesterie, Nairobi, Kenya. CIRAF Document de travail 40.

Huxley, P.A., van Eck, W.A. 1974. Seasonal changes in growth and development of some woody perennials near Kampala. Journal of Ecology, 62, 579–592.

Kira, T., Kimura, A. 1983. Dry matter production and efficiency in various types of plant canopy. *In* Huxley, P.A., éd., Plant research in agroforestry. Conseil international pour la recherche en agroforesterie, Nairobi, Kenya, 347–364.

Ledig, F.T. 1983. The influence of genotype and environment on dry matter distribution in plant. *In* Huxley, P.A., éd., Plant research and agroforesty. Conseil international pour la recherche en agroforesterie, Nairobi, Kenya, 427–454.

Lieth, H.F.H. 1978. Patterns of primary production in the biosphere. Dowden, Hutchson & Ross, Inc., Stroudsburg, PA, É.-U.

Lieth, H.F.H., Whittaker, R.H. 1975. Primary productivity of the biosphere. Springer-Verlag, Berlin, RFA.

Loomis, R.S., Rabbinge, R., Ng, E. 1979. Explanatory models in crop physiology. Annual Review of Plant Physiology, 30, 339–367.

McMurtrie, R.E. 1985. Forest productivity in relation to carbon partitioning and nutrient cycling: a mathematical model. *In* Cannell, M.G.R., Jackson, J.E., éd., Attributes of

trees as crop plants. Institute of Terrestrial Ecology, National Educational Research Council, Edimbourg, R.-U., 194–207.

Pianka, E.R. 1978. Evolutionary ecology. 2e éd. Harper and Row Publishers Ltd., London, R.-U.

Russo, R., Budowski, G. 1985. Effects of pollarding frequency on biomass of *Erythrina peoppigiana* as a coffee shade. Department of Renewable Resources, Tropical Agriculture Research and Training Centre, Turrialba, Costa Rica.

Van den Meulen, A. 1939. Over den bouw en de periodieke ontwikkeling der bloemknoppen bij *Coffea* soorten, [De la structure et du développement régulier des fleurs de l'espèce *Coffea*. N.V. Noord-hollandsche Uitgevers Maatschappij, Amsterdam, Pays-Bas. 127 p.

Young, A. 1986. The potential of agroforestry for soil conservation: Part 1. Conseil international pour la recherche en agroforesterie, Nairobi, Kenya. Erosion Control Working Paper 42.

Partie 7

Constitution de réseaux et collaboration

La collaboration à la recherche sur la culture en couloirs

J.W. Pendleton

Institut international d'agriculture tropicale, CP 5320, Ibadan, Nigéria

Résumé *— La culture en couloirs offre aux agronomes, aux zoologues, aux spécialistes des sciences sociales et économiques, ainsi qu'aux spécialistes des forêts, l'occasion de collaborer pour améliorer le niveau de vie des agriculteurs africains. La présente étude retrace l'historique de la culture en couloirs. On y présente également des notions relatives à la constitution de réseaux en Afrique.*

Introduction

Cet atelier vise à étudier de façon approfondie une stratégie globale pour la culture en couloirs qui devrait constituer un élément important de l'agroforesterie — permettant d'accroître les superficies mises en production continue pour des cultures vivrières et de maintenir la fertilité du sol. La culture en couloirs apparaît comme une solution de remplacement viable aux méthodes de jachère et d'agriculture sur brûlis actuellement utilisées dans certaines régions.

Selon certains chercheurs, la biomasse produite par des arbres largement espacés et régulièrement élagués peut être insuffisante pour constituer un apport important en matières organiques. Cependant, Kang et al. (1984) ont établi, sur une période de 3 ans à Ibadan, que le rendement annuel des élagages de *Leucaena* se chiffrait en moyenne à 6,7 t/ha de matière sèche. Cette quantité est considérablement inférieure à ce que la production pourrait être dans le cas de forêts compactes. Cependant, lorsque l'on ajoute les résidus des cultures vivrières en culture intercalaire sur une superficie plantée en couloirs de *Leucaena*, on constate dans le sol une quantité considérable de matières organiques. Par exemple, l'indice de récolte du maïs tropical est généralement de 1:2; ce qui signifie : une part de grains et deux parts de tiges, de feuilles et de racines. Ainsi, si le rendement en grains obtenu est de 1 t, il restera 2 t de résidus pour la constitution du sol.

Des essais à long terme sur le maïs, menés et gérés par l'Institut international d'agriculture tropicale (IIAT) ont révélé qu'il est possible d'obtenir un rendement annuel de 3–6 t/ha de grains. Dans certaines régions, des quantités considérables de matières organiques sont retournées au sol, auquel on ajoute chaque année environ 6 t/ha d'élagages de *Leucaena*, ainsi que 6–12 t/ha de résidus de maïs. Le maïs

hybride peut permettre de dépasser ce total et les résidus d'une seconde récolte de niébé pourraient représenter une tonne de résidus riches en azote.

Historique

Les essais de culture en couloirs ont commencé à l'IIAT peu après le lancement du programme de recherches de l'Institut. On a réalisé en 1973 une expérience fondée sur l'utilisation de tuteurs de *Leucaena* pour l'igname; en 1975–1976, on a entrepris plusieurs essais qui se poursuivent encore aujourd'hui. Les premiers essais utilisaient l'espèce légumineuse *Leucaena leucocephala*. On a introduit en 1977 le *Gliricidia sepium* et, plus récemment, le *Flemingia congesta*. Les espèces non légumineuses qui se trouvent actuellement dans les parcelles expérimentales au quartier général de l'IIAT sont les suivantes : *Alchornea cordifolia*, *Acioa barterii*, et *Gmelina arborea*. Plusieurs de ces espèces sont utilisées actuellement dans le cadre d'études menées à Onne, la sous-station près de Port Harcourt dans le sud-est du Nigéria. Là, les sols sont des ultisols (pH 4,5); par conséquent, les résultats sont différents de ceux obtenus lors d'essais réalisés sur les alfisols d'Ibadan (pH 5,6).

En 1979, B.T. Kang a établi à des fins d'observation une pépinière à l'IIAT, à Ibadan et à Onne. La pépinière comprenait 34 espèces et variétés forestières légumineuses et non légumineuses. L'IIAT a entrepris, depuis 1980, trente essais de cultures en couloirs sur des exploitations agricoles; plusieurs autres ont été lancés en 1981 par le Centre international pour l'élevage en Afrique (CIPEA). La plupart des essais du CIPEA visent aussi l'alimentation des petits ruminants.

Formation

L'IIAT et le CIPEA offrent actuellement des cours de formation de trois semaines sur la culture en couloirs à Ibadan. Trois cours de formation d'une durée d'une semaine ont été offerts en collaboration avec l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et le Département fédéral de foresterie du Nigéria. L'IIAT et le CIPEA ont également offert des cours de formation technique.

Recherches menées en collaboration

Un réseau pour la collaboration à la recherche sur la culture en couloirs devrait comprendre certaines expériences menées en station et en ferme. Il faudrait peut-être mettre maintenant plus d'accent sur les recherches menées en fermes. Il ne sera pas facile de mener à bien une telle tâche en Afrique et il faudra, par conséquent, accorder plus d'attention à la méthodologie et à la formation.

Une méthode probablement plus adaptée à la culture en couloirs a été proposée par le Asian Cropping Systems Working Group en collaboration avec l'Institut international de recherche sur le riz (IIRR). Cette méthode réaliste convient particulièrement aux petites exploitations agricoles et considère que le site choisi a un rôle important. Par conséquent, les activités de recherche privilégient la description et la classification de l'environnement, la mise au point de systèmes culturaux améliorés, l'essai de ces systèmes sur des fermes individuelles, ainsi que la formulation de programmes de production.

Ce modèle avait été d'abord conçu pour des systèmes de culture vivrières, mais il peut être adapté facilement à la culture en couloirs. Les paragraphes suivants concernent les différentes phases de cette recherche en ferme.

Choix du site

On choisit une ou plusieurs zones géographiques représentatives d'une vaste zone de production homogène. Le gouvernement national aurait avantage à réserver ces zones aux projets de développement. Ainsi, on pourrait accorder de l'aide aux programmes de production dès que l'on aurait fait la preuve des possibilités d'augmentation de la production.

Description du site

Lors des recherches d'une méthode de culture la plus adaptée, il convient d'abord d'identifier celles qui existent, d'évaluer l'environnement physique, les contraintes de production et l'environnement socio-économique. On évalue ensuite les caractéristiques de l'environnement pour établir les priorités de la recherche sur le site et sur les stations d'appui à la recherche. Puis, on divise la zone en fonction des différents types de terrain. Chaque terrain peut être soumis à des impératifs de production différents.

Détermination des méthodes culturales

Déterminer les méthodes culturales suppose le choix de méthodes de remplacement bien adaptées à la zone : notamment celles qui tiennent compte des caractéristiques physiques et socio-économiques, du rendement et de la technologie dont on dispose. De nombreuses méthodes doivent être précisées pour toutes les cultures de chaque système. On peut déterminer certaines d'entre elles à partir de ce que l'on en sait et des méthodes locales. D'autres supposent des expériences visant à déterminer les niveaux optimaux d'intrants. Cette recherche sur la technologie peut se faire dans des stations expérimentales nationales, régionales ou autres, ou sur le site même des recherches.

Mise à l'essai des méthodes

On doit faire l'essai des méthodes de cultures et de gestion ainsi élaborées dans l'environnement qui leur est adapté et dans les champs des agriculteurs. Les agriculteurs participant aux essais bénéficient des nombreux conseils des responsables de la recherche qui assurent aussi le suivi. À partir du rendement agricole et économique que suppose chacune de ces méthodes, on peut identifier les obstacles à l'intensification de la production et en informer les chercheurs. Ce programme permet d'orienter la recherche vers la solution des problèmes particuliers des agriculteurs cibles.

Recherche appliquée

Le système de culture que les essais ont identifié comme le plus rentable devrait être évalué dans plusieurs sites, toujours dans le cadre du complexe environne-

mental pour lequel il avait été conçu. Les chercheurs devraient aussi faire appel à d'autres institutions responsables de la formulation et de la mise en oeuvre des programmes de production.

Programme de production

Dès que la plus prometteuse des méthodes de culture et de gestion est identifiée et que les institutions de vulgarisation peuvent donner suite au programme de production, le groupe de recherche devrait participer à la formulation du programme et à la formation des responsables de sa mise en oeuvre.

Constitution de réseaux

Le terme «constitution de réseaux» est sans doute une expression passe-partout des années 80; toutefois, plusieurs responsables du développement agricole croient que la constitution de réseaux reste l'un des moyens les plus pratiques pour appliquer les nouvelles technologies aux programmes nationaux ou institutionnels. Une récente enquête menée en Afrique subsahélienne a révélé que des organismes français animent 24 réseaux et que 27 autres ont été mis sur pied par des centres internationaux de recherche agricole (CIRA), des programmes régionaux, nationaux (R.W. Cummings, communication personnelle, 1986). Il existe trois types de réseaux :

- Les *réseaux d'échanges d'information* organisent et facilitent des échanges d'idées, de méthodologies et de résultats portant sur les recherches en cours.
- Les *réseaux de consultation scientifique* font appel à la concertation entre deux pays, ou entre plusieurs pays, sur des domaines importants de recherches conjointes. Ces projets sont entrepris et mis en oeuvre de façon indépendante par les institutions participantes qui tiennent régulièrement des réunions et utilisent d'autres moyens pour échanger des informations sur la recherche (comme dans les réseaux d'échanges d'information).
- Les *réseaux de recherche en collaboration* font appel à la collaboration des pays pour planifier, mettre en oeuvre et assurer le suivi des recherches menées sur des problèmes communs de différents pays à l'intérieur d'une même région. Ces réseaux pourraient faciliter les échanges d'informations, la collaboration technique et la formation.

On compte en Afrique 18 réseaux d'échanges d'information, 14 réseaux de consultation scientifique et 19 réseaux de recherche en collaboration. De nombreux donateurs y participent et, souvent, plusieurs d'entre eux financent conjointement le même réseau. Au moins sept des centres internationaux de recherche financés par le GCRAI sont représentés.

L'IIAT participe aux réseaux suivants et envoie, à la demande des pays, de nouvelles pépinières pour le plasma germinatif :

- Semi-Arid Food Grain Research and Development Project (SAFGRAD) (maïs et niébé): 26 pays semi-arides d'Afrique.

- Communauté économique européenne — High Yielding Varieties Technology Project (EEC–HYVT) (maïs, riz, niébé et fèves de soya) : 25 pays africains à régions humides.
- African Biological Control Programme (ABCP).
- International Rice Testing Programme (IRTP) — Afrique : coopération avec l'IIRR et l'Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO).
- West African Regional Cooperative for Research on Plantains (WARCORP).
- West African Farming Systems Research Network (WAFSRN) (Réseau ouest-africain de la recherche sur les systèmes de production).

Il faut également mener des recherches en collaboration pour les racines et les tubercules dans l'Est, le Centre et le Sud de l'Afrique; le niébé dans les régions subsahéliennes; l'espèce *Striga* et le *Imperata cylindrica*, qui sont de mauvaises herbes dévastatrices en Afrique; et la culture en couloirs.

Le succès des réseaux se fonde sur une organisation allant de la base au sommet, c'est-à-dire que le programme national détermine les objectifs et les besoins, tandis que le CIRA fournit la formation, la coordination, les installations, le plasma germinatif et les recherches de base. Les réseaux peuvent être simples et définis de façon limitative; ils peuvent également avoir grande envergure. Le SAFGRAD est un exemple de réseaux de grande envergure. Il s'occupe de l'amélioration de plusieurs cultures et comprend plusieurs institutions nationales et internationales.

Pour réussir, un réseau doit avoir des objectifs communs, acceptés par toutes les parties, et disposer d'un coordonnateur à plein temps. Ce coordonnateur, qui doit être un savant reconnu et respecté, est généralement le facteur clé du succès du réseau, et il doit à la fois motiver les participants et faire de la planification. La solution idéale serait que le coordonnateur n'ait aucune autre tâche ou fonction. Un réseau exige la tenue annuelle d'ateliers et de réunions de planification afin d'analyser les progrès réalisés, de redéfinir les objectifs, la méthodologie, et évaluer les tâches réparties à chacun des pays, et celles qui ont été attribuées au coordonnateur. Parmi les autres exigences que doit remplir un réseau viable, on peut citer les visites de contrôle, les recherches de soutien et la formation.

Le WARCORP est l'un des réseaux auxquels participe l'IIAT. Le docteur George Wilson, du Farming Systems Programme (Programme des systèmes agricoles), consacre environ 80 % de son temps à la coordination. Les efforts de coopération du WARCORP visent à améliorer la production de plantains :

- en faisant prendre conscience de leur importance;
- en renforçant les capacités nationales en matière de recherche;
- en coordonnant la recherche afin d'éviter les répétitions et les doubles emplois;
- en diffusant rapidement les résultats et les recommandations;
- en formant le personnel de recherche, de vulgarisation et de production;

- en encourageant un soutien national et international à la recherche et au développement.

Les décisions relatives aux expériences sont prises aux réunions annuelles de WARCORP, qui se tiennent généralement en décembre. Les expériences sont choisies en fonction des priorités de la région ou du pays, les priorités du programme de collaboration, l'intérêt et la spécialisation des scientifiques et les fonds dont on dispose. Lors des réunions organisées à tour de rôle par les pays et les institutions de recherche, les scientifiques présentent des rapports non seulement sur les recherches financées par WARCORP, mais aussi sur des travaux connexes financés par leurs propres institutions ou d'autres. (Pour des informations plus détaillées : *IITA Research Briefs*, 6(1), mars 1985.)

Besoins en matière de recherche

Les études relatives à la gestion doivent non seulement porter sur les cultures vivrières dans leur ensemble, mais aussi sur les espèces propres à la culture en couloirs. Comment peut-on réduire la concurrence que se livrent les espèces qui se trouvent au-dessus et au-dessous du niveau du sol ? Quels sont les différents choix qui s'imposent entre le rendement des cultures, le rendement économique et la conservation de l'environnement ? Quelles sont les contraintes à la culture en couloirs dans les exploitations agricoles ? Dans les régions humides et subhumides, le fait de planter des arbres est tout à fait étranger aux agriculteurs. Toute leur vie, ils ont coupé et brûlé des arbres sans jamais en planter. La culture en couloirs est une technologie qui exige une formation plus poussée que d'autres. On devra tenir compte également de certains défis d'ordre social, tels que le régime foncier.

Le CIPEA (1985) a publié des résultats positifs concernant les systèmes de brout et d'enlèvement des feuilles fraîches en culture en couloirs. Cependant, il reste à faire beaucoup de recherches. Le Comité technique consultatif a recommandé au GCRAI, dans le cadre de ses priorités de 1985 pour la recherche internationale en agriculture, que l'on augmente de 7 à 16 % les crédits consacrés à la recherche sur la gestion et la conservation des ressources (Swaminathan 1986). Il ne fait aucun doute que la culture en couloirs nécessite plus de subventions : elle vise non seulement une meilleure gestion des ressources pour une plus forte productivité, mais elle s'efforce également de conserver l'exploitation agricole pour les générations à venir. Le vieux dicton : «Chacun devrait vivre aujourd'hui comme s'il s'agissait du dernier jour de sa vie, mais un agriculteur doit cultiver comme s'il ne devait jamais cesser de le faire» reste vrai.

L'IIAT et le CIPEA s'efforcent de jouer le rôle de catalyseur en accordant plus d'importance aux priorités et aux stratégies de recherche choisies par les institutions nationales et régionales. Grâce à une efficace coopération, ces deux institutions peuvent plus facilement identifier, et combler, le manque de connaissances en matière de culture en couloirs. Quelles seront, sur les exploitations agricoles, les contraintes dans les différentes régions agro-écologiques ? Si chaque institution qui collabore peut étudier une pièce du casse-tête, la solution sera plus facile à trouver. La culture en couloirs doit être pour l'agriculteur un objectif non seulement réalisable, mais aussi rentable.

Références

CIPEA (Centre international pour l'élevage en Afrique). 1985. Rapport annuel, 1984. Document du Programmes des zones humides, Addis-Abeba, Éthiopie.

Kang, B.T., Wilson, G.F., Lawson, T.L. 1984. Alley cropping: a stable alternative to shifting cultivation. Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan, Nigéria. 21 p.

Swaminathan, M.S. 1986. Enhancing rigor and relevance in IRRI's research. Institut international de recherche sur le riz, Los Baños, Philippines. Seminar series, 9 janvier 1986, 33 p.

La constitution de réseaux pour la culture en couloirs

P.C. Lippold

Institut international d'agriculture tropicale, CP 5320, Ibadan, Nigéria

Résumé *— La présente étude expose les effets bénéfiques de la constitution de réseaux comme méthode pour résoudre des problèmes agricoles nationaux, régionaux ou globaux. On trouvera ci-après les principes qui doivent présider à la mise en place d'un réseau pour la culture en couloirs en Afrique.*

Introduction

De nombreux organismes d'aide, notamment le Centre de recherches pour le développement international (CRDI), au Canada, et la United States Agency for International Development (USAID) accordent priorité à la constitution de réseaux pour la recherche agronomique en Afrique. Les programmes nationaux sont considérés comme les plus importants pour la constitution d'entités indépendantes et autonomes. Cependant, en raison de l'absence de programmes bilatéraux, des programmes régionaux, «sortes de panacées», ont plus souvent été adoptés et appliqués — et les résultats n'ont pas toujours été positifs.

On définit la constitution de réseaux comme «la mise en place d'un système ou d'une structure à des fins de recherches sur une culture, un produit ou un problème d'intérêt commun. Le système peut être constitué d'individus, de groupes d'individus ou d'institutions souhaitant résoudre un problème d'intérêt commun» (USAID 1985). La diversité et le nombre des organismes donateurs, compte tenu des limites du financement, rendent la constitution de réseaux très attrayante pour les raisons suivantes :

- elle facilite la communication ou le transfert de technologie;
- elle favorise la collaboration et la coordination en matière de recherche, plutôt que les projets individuels;
- elle utilise de façon efficace les renseignements disponibles afin d'acquérir de nouvelles connaissances;
- elle permet d'identifier les aspects particuliers sur lesquels chaque membre devra concentrer ses efforts, évitant ainsi les doubles emplois et les gaspillages;

- elle permet aux membres de se concerter, augmentant ainsi les chances de succès du programme;
- elle permet une plus grande rentabilité;
- grâce à elle, des efforts combinés des pays industrialisés, des pays en développement et des centres internationaux de recherche agronomique (CIRA) peuvent mettre en place l'organisation nécessaire pour obtenir l'appui des institutions internationales et des organismes multilatéraux d'aide (GCRAI 1983).

Les 13 membres des CIRA mènent des programmes conjoints en Afrique (Tableau 1). Les deux réseaux qui ont les programmes les plus vastes à l'échelle mondiale sont la «International Rice Testing Programme» (IRTP) et le International

Tableau 1. Quelques réseaux internationaux pour la recherche agricole.

Réseau[a]	Coordonnateur[b]	Région(s)	Pays	Année d'introduction
IBYAN	CIAT	Monde	30	1976
CEAREP	CIMMYT	Afrique de l'Est	14	1976
PRAPAC	CIP	Afrique centrale	4	1983
IPMAT	ICRISAT	Asie, Afrique, Amérique latine	22	1975
ISVAT	ICRISAT	Monde	37	1977
ARNAB	CIPEA	Afrique	6	1980
Trypano-tolérance	CIPEA/ILRAD, ICIPE	Afrique	9	1983
INSFFER	IRRI/IFDC	Asie, Afrique	19	1976
IRTP	IRRI/IITA, WARDA	Monde	75	1975/85
WAFSRN	IITA/Fondation Ford	Afrique de l'Ouest	10	1983
INTSOY	Universités d'Illinois et de Puerto Rico	Monde	70	1973

[a] IBYAN, International Bean Yield and Adaptation Network ; CEAREP, CIMMYT, East African Regional Economic Programme ; PRAPAC, Programme régional d'amélioration de la culture de pomme de terre en Afrique centrale ; IPMAT, International Pearl Millet Adaptation Trial ; ISVAT, International Sorghum Variety Adaptation Trial ; ARNAB, African Research Network for Agricultural Byproducts ; INSFFER, International Network on Soil Fertility and Fertilizer Evaluation for Rice ; IRTP, International Rice Testing Program ; WAFSRN, West African Farming Systems Research Network ; INTSOY, International Soybean Program.

[b] CIAT, Centre international d'agriculture tropicale (Cali, Colombie) ; CIMMYT, Centre international d'amélioration du maïs et du blé (México, Mexique) ; CIP, Centre international de la patate (Lima, Pérou) ; ICRISAT, Centre international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (Hyderabad, Inde) ; CIPEA, Centre international pour l'élevage en Afrique (Addis-Abeba, Éthiopie) ; LIRMA, Laboratoire international de recherche sur les maladies des animaux (Nairobi, Kenya) ; ICIPE, Centre international sur la physiologie et l'écologie des insectes (Nairobi, Kenya) ; IIRR, Institut international de recherche sur le riz (Los Baños, Philippines) ; IFDC, International Fertilizer Development Center (Centre international de développement des engrais) (Muscle Shoals, É.-U.) ; IIAT, Institut international d'agriculture tropicale (Ibadan, Nigéria) ; ADRAO, Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest (WARDA, West African Rice Development Association) (Monrovia, Libéria).

Soybean Programme (INTSOY) qui parrainent des essais et des activités dans 75 pays environ.

Types de réseaux

Les réseaux sont aussi divers que leurs objectifs, mais il en existe deux types principaux : formel et informel (Plucknett et Smith 1984). La taille et l'ampleur des réseaux informels varient selon qu'il s'agit d'individus ou de groupes d'individus qui s'intéressent à une cause ou à un sujet commun. Les réseaux formels ont pris de l'expansion avec des programmes avancés et des activités élargies. Aujourd'hui, plus de 100 réseaux distincts interviennent dans une large gamme de projets agricoles à l'échelle internationale (Plucknett et Smith 1984). Pour qu'un réseau existe, il faut un noyau ou un centre (Fig. 1). À mesure que le réseau se développe, les participants en périphérie du réseau assument une plus grande partie des activités spécialisées et deviennent plus indépendants. Enfin, ils nouent des liens qui leur permettent d'agir de concert. Le centre ou le noyau initial reste toujours chargé des communications et des activités administratives et financières.

Parmi les conditions préalables à l'établissement d'un réseau, il faut un intérêt et

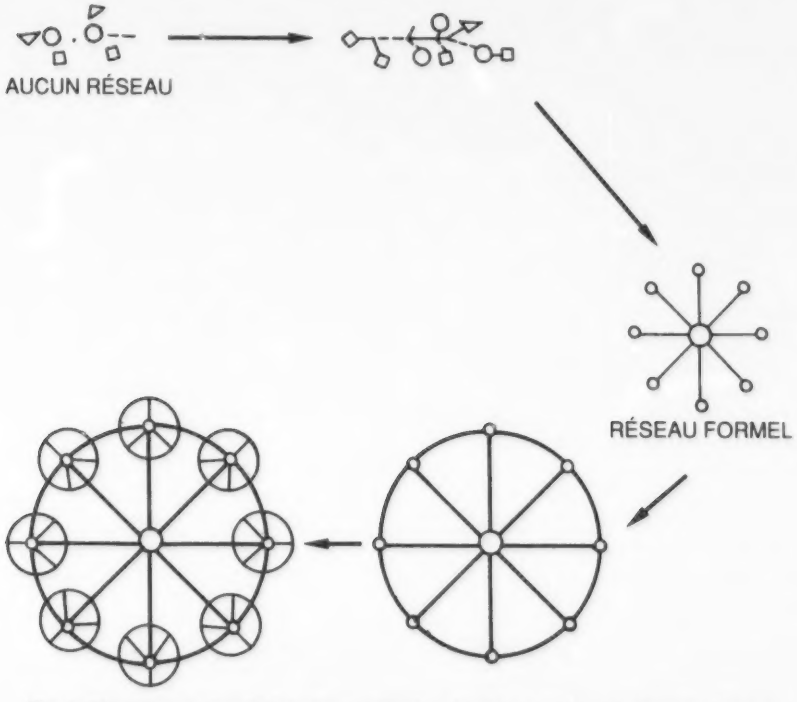

Fig. 1. Diagramme simplifié de la constitution de réseau — les relations gagnent en complexité à mesure que le réseau comporte plus d'une «roue» (adapté de GCRAI 1983).

des objectifs communs. Selon Odhiambo (1983), les conditions préalables sont au nombre de sept :

- Le problème doit être défini de façon précise et adopter un programme réaliste;
- Les pays appelés à participer doivent être bien conscients du problème;
- Les participants doivent y trouver un intérêt personnel, et non pas se sentir un infime rouage;
- Les participants doivent être prêts à fournir certaines ressources dans le programme, notamment du personnel et des installations;
- Un financement extérieur facilite toujours les opérations, la formation et les voyages à l'étranger, particulièrement dans des pays du Tiers-Monde;
- Les participants doivent recevoir une formation appropriée et être suffisamment compétents pour que leur participation soit efficace;
- La direction du programme devrait être solide et efficace, et reconnaître l'apport de chaque participant.

L'USAID a assumé un rôle tout à fait particulier en ce qui concerne la gestion des ressources naturelles en Afrique. Une citation extraite du «1986 Congressional Record» (USAID 1985:19) nous renseigne sur les activités que l'Agence se propose de mener dans cette partie du monde :

> L'avance du désert, la disparition de la forêt et l'épuisement des sols que l'Afrique connaît actuellement compromettent gravement la production agricole et limitent les chances de croissance future.

La croissance démographique et l'augmentation constante de la demande en produits alimentaires, bois de chauffage, fourrage et logement ont provoqué l'exploitation et la destruction des ressources naturelles à un rythme bien plus rapide que leur taux de renouvellement. Les arbres et les arbustes d'Afrique sont abattus pour en faire du bois de chauffage et pour laisser la place à des champs, au rythme de $1{,}3 \times 10^6$ ha/an. Résultat : une dégradation rapide des bassins hydrographiques, de l'approvisionnement en eau, des sols et du rendement des cultures et du bois de chauffage. Il faut signaler, en plus des pénuries de cultures, des pénuries de bois de chauffage qui touchent déjà 180 millions de personnes dans 34 pays d'Afrique. Aussi, l'arrêt de la détérioration de l'environnement et la régénération des ressources en sols, en eau et en forêts constituent des tâches hautement prioritaires parmi les objectifs de développement de l'USAID. Durant les sept dernières années, l'USAID a alloué un total de 55 millions de USD à des projets visant la forêt et le bois de chauffage, et 80 millions de USD à des projets étroitement liés aux ressources naturelles et à l'énergie renouvelable (50 projets dans 26 pays). Au cours de la même période, 125 millions de USD avaient été alloués à des activités parrainées par le PL 480 (il s'agit d'un programme en vertu duquel les États-Unis livrent des surplus de produits agricoles à des prix réduits aux pays du Tiers-Monde; ce programme génère ainsi des fonds en monnaie nationale pour la réalisation de projets locaux).

Comme le soulignent Plucknett et Smith (1984), les activités des réseaux comprennent, en ordre de priorité, la coordination de la recherche, la formation, les échanges d'informations et le transfert des nouvelles technologies. La coordination

de la recherche est considérée l'aspect le plus important de la constitution de réseaux. En raison du nombre et de l'ampleur des activités des organismes donateurs en Afrique, les différentes activités sont parfois dédoublées et se chevauchent considérablement.

Comme nous l'avons déjà mentionné, tous les CIRA dirigent des programmes en Afrique; les efforts de collaboration d'un grand nombre de ces instituts sont exemplaires. Le Nairobi Cluster (1981), un modèle de collaboration nationale et internationale, comprend 22 instituts de recherche avancée dans le domaine des maladies animales; toutes ces institutions ont leurs bureaux et leurs laboratoires à Nairobi, au Kenya. On organise des réunions chaque trimestre pour revoir, étudier et mettre en relief les programmes à l'étude afin d'éviter tout double emploi. Ce type de collaboration n'est pas seulement louable, mais également indispensable dans le cadre de toute constitution de réseaux.

Collaboration et aide nationale et internationale

La structure et la viabilité des réseaux dépendent du type de collaboration et d'aide apportée par l'organisme donateur. En raison de la diversité des donateurs actuels en Afrique et du grand nombre de programmes en cours, un financement soutenu et prolongé s'avère nécessaire pour assurer la continuité des programmes. La collaboration est donc une nécessité. En ce qui a trait à l'agroforesterie et spécialement à la culture en couloirs, l'aide récente de l'USAID aux projets nationaux en cours en Afrique tropicale totalise 405,3 millions de USD, dont une partie consacrée à la production de céréales sur des sites améliorés grâce à la plantation d'arbres (Catterson et Prussner 1985).

De nombreux pays préfèrent le financement bilatéral. Selon eux, ils profitent rarement des activités menées à l'échelon régional. On a soutenu parfois que les fonds ne sont pas distribués équitablement entre tous les pays de la région, et que le personnel du siège social et du pays hôte tirent la plus grande partie des avantages. Avec l'USAID, la préférence pour les activités propres à un pays se reflète dans le ratio bilatéral/régional qui est de 10 à 1. Pour obtenir de l'aide pour des activités en réseau, comme la culture en couloirs, il faut assurer le financement de programmes — comprenant la formation, le deuxième aspect le plus important de la constitution de réseaux.

De nombreux pays reçoivent de l'aide du PL 480, qui génère des devises locales destinées à des projets d'auto-assistance en matière de transport, de commercialisation et de distribution. Les bénéficiaires africains du PL 480 sont le Burkina Faso, le Cap-Vert, le Mali et la Mauritanie. Ces programmes visent essentiellement à lutter contre la faim et la malnutrition, et à améliorer le niveau de vie et la santé de la population. Divers fonds d'aide bilatérale pourraient assurer le financement des programmes de culture en couloirs.

La Coopération pour le développement de l'Afrique (CDA) est un réseau de collaboration pour la planification et l'aide à moyen et à long terme en Afrique. C'est une association informelle des sept nations donatrices qui subventionnent d'importantes activités de développement en Afrique. Les pays membres sont la Belgique, le Canada, les États-Unis, la France, l'Italie, la République fédérale d'Allemagne et le Royaume-Uni. Les objectifs de la CDA en Afrique subsahélienne sont l'identification des projets en collaboration avec les Africains,

la coordination des ressources et la réalisation de projets afin d'accroître la productivité.

On peut citer parmi les principales initiatives identifiées par la CDA : la recherche agronomique, l'énergie, les maladies infectieuses des enfants, la technologie rurale appropriée, les périmètres irrigués, la sylviculture pour le bois de chauffage, et le transport en Afrique australe et en Afrique centrale. Les pays donateurs fournissent les coordonnateurs techniques.

Les travaux de la CDA en matière de recherche agronomique sont basés sur les zones agroclimatiques. Les États-Unis en assurent la coordination, en plus d'assumer celle des projets en cours au Sahel et dans le plateau de l'Afrique australe. Le Royaume-Uni coordonne les projets au Soudan; le Canada a pris en charge l'Afrique de l'Est; la République fédérale d'Allemagne supervise les projets sur la région côtière de l'Afrique de l'Ouest, et la Belgique ceux de la région du bassin du Congo. La France est le coordonnateur suppléant dans plusieurs de ces zones.

L'USAID étudie la possibilité d'étendre et de poursuivre ses activités en réseau en matière de culture en couloirs. L'adoption de la culture en couloirs offre des possibilités extraordinaires et, compte tenu du taux actuel de croissance démographique, la culture en couloirs est un moyen économique pour réduire les périodes de jachère. Les avantages de la culture en couloirs et la réduction du coût des intrants, tels que les engrais, conduisent à accorder du crédit et de l'importance à ce type d'activité. La culture en couloirs ne représente qu'une des activités nécessaires pour améliorer l'alimentation des Africains.

Références

Catterson, T., Prussner, K. 1985. Increasing agricultural food production through selected tree planting. A proposal for action. United States Agency for International Development, Washington, DC, É.-U. USAID Memorandum, 28 janvier 1985. 6 p.

GCRAI (Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale). 1983. Report of the Consultative Group and the international agricultural research it supports. International Bank for Reconstruction and Development, Washington, DC,É.-U.

Nairobi Cluster. 1981. Memorandum of understanding. Document signé par 12 instituts à Nairobi, Kenya, «engaged on research into animal diseases, their vectors, and their impact on animal productivity.» Nairobi Cluster, Nairobi, Kenya.

Odhiambo, T.R. 1983. Proposal for planning workshop on African regional pest management R & D network (PESTNET) for integrated control of crop and livestock pests. Letter to Director of REDSO/ESA.

Plucknett, D.L., Smith, N.J.H. 1984. Networking international agricultural research. Science (Washington, DC), 225, 989–993.

USAID (United States Agency for International Development). 1985a. Congressional presentation. Fiscal year 1985. Annex 1. Africa. USAID, Washington, DC, É.-U. 590 p.

_____1985b. Creation of an African regional pest management R & D network (PESTNET) for integrated control of livestock and plant pests and diseases. USAID Planning Mission, Washington, DC, É.-U.

Partie 8

Recommandations et annexes

Recommandations

Thèmes à étudier

Description des systèmes

Les domaines des recommandations doivent être identifiés en termes de variables agro-écologiques, socio-économiques, physiques et biologiques.

Études menées en station

Il faudra agir au niveau des stations en ce qui concerne les six points suivants :

- adaptabilité du site et identification des arbres pour différents environnements physiques, notamment pour les sols acides, les plateaux tropicaux et les zones semi-arides;
- optimisation de l'utilisation des matières provenant des arbres, dans le cadre des systèmes de culture et d'élevage;
- essais du plasma germinatif afin de déterminer des éléments nutritifs spécifiques, ainsi que des propriétés chimiques particulières;
- évaluation d'une plus large gamme de récoltes vivrières à inclure dans la culture en couloirs;
- études sur les relations fondamentales dans la culture en couloirs entre le sol, la plante et l'eau;.
- coordination et uniformisation de la méthodologie à l'échelon régional.

Études menées en ferme

Les études menées en ferme devraient viser le développement et l'évaluation de la culture en couloirs. Il devrait s'agir d'une étude interdisciplinaire menée par ceux qui collaborent à l'échelon national. Les résultats des projets menés sur les exploitations agricoles constitueront un élément important pour la planification des études à mener en station.

Organisation et coordination

L'atelier a adopté les recommandations suivantes relativement à l'organisation et à la coordination.

- On devrait établir un réseau de recherche international consacré à la culture en couloirs.
- Le réseau de recherche consacré à la culture en couloirs devrait s'intéresser en tout premier lieu aux zones humides et subhumides, mais les zones arides et semi-arides ne devraient pas être exclues.
- La responsabilité de la direction du réseau devrait être confiée à un organisme central de coordination ayant son siège sur le campus de l'IIAT/CIPEA à Ibadan.
- On devrait créer un comité international permanent, doté d'un rôle consultatif, qui représenterait les intérêts des pays participants et refléterait les besoins multidisciplinaires de la recherche sur la culture en couloirs (voir l'Annexe 1).
- L'IIAT et le CIPEA devraient, ensemble, trouver des sources de financement pour une période initiale de 5 ans.
- Un des objectifs du réseau sera de maintenir la communication entre les membres.

Formation

On a adopté les quatre recommandations suivantes relativement à la formation.

- On doit mettre l'accent sur la formation des travailleurs et des formateurs spécialisés.
- Des cours de «formation des formateurs» devraient être organisés conjointement par le CIPEA et l'IIAT, avec l'appui du CIRAF (Conseil international pour la recherche en agroforesterie), la Nitrogen-Fixing Tree Association et d'autres institutions nationales et internationales possédant une expérience pertinente.
- Le réseau pour la culture en couloirs devrait obtenir un financement pour ses activités de formation; on devrait encourager les participants à chercher leurs propres sources de financement, mais on pourrait les aider à identifier ces sources.
- Le réseau et les centres devraient fournir un soutien limité en matière de suivi, sous la forme de documents officiels, et ils devraient prendre les dispositions nécessaires pour qu'aient lieu des échanges et des visites d'employés, afin de soutenir les efforts des participants à leur retour dans leur pays respectif. Dans le cadre de ce réseau, on devra s'efforcer d'aider les participants sur le plan individuel, en organisant, par exemple, des projets de recherche conjoints pour les programmes en cours dans des pays limitrophes.

Annexe 1. Comité permanent pour la culture en couloirs

Membres du comité

Le Comité permanent pour la culture en couloirs est composé des participants suivants :

Ebenezer O. Asare (Ghana), Jean Tonye (Cameroun), L.L.L. Lulandala (Tanzanie), Aziadome Kogblevi (Bénin), Denis Amara (Sierra Leone), Goodwill Okoro (Nigéria), Simeon A. Materechera (Malawi), Bianu Landu-Kalemba (Zaïre), un représenant de l'IIAT, un représentant du CIPEA et le coordonnateur.

Plan d'action

Le Comité permanent a préparé un plan d'action comprenant les trois mesures suivantes :

- Écrire des lettres officielles aux membres des gouvernements pour les informer des nominations au Comité permanent.
- L'IIAT et le CIPEA mèneront une enquête pour connaître les techniques de culture en couloirs utilisées actuellement dans les pays africains participants.
- En fonction des résultats de l'enquête, et si des fonds sont disponibles, l'IIAT et le CIPEA convoqueront une réunion du Comité permanent afin de planifier ses activités de 1987, et pour créer un bulletin d'information pour le réseau. Lors de cette réunion, le Comité permanent étudiera les moyens d'établir une méthodologie commune pour la recherche sur la culture en couloirs dans toutes les régions de l'Afrique.

Annexe 2. Liste des participants

Aristeo **Acosta-Carreon**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Adetokunbo **Adeola**, Forestry Research Institute of Nigeria, PMB 5054, Ibadan, Nigéria

Stephen **Adeoye**, Centre international pour l'élevage en Afrique, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Adebayo **Adeyemo**, Ministère de l'Agriculture et des Ressources naturelles, PMB 5007, Idi Ishin, Ibadan, Nigéria

Emmanuel N. **Agwuna**, Federal Livestock Department, Federal Secretariat II, Iloyi, Lagos, Nigéria

Michael O. **Ajani**, NW/20 Baba-Agba Lane, Inalende, Ibadan, Nigéria

Deborah A. **Ajiboye**, Federal Livestock Department, PMB 5676, Idi Ishin, Ibadan, Nigéria

Kola **Akanji**, BCOS (News), Ibadan, Nigéria

Michael **Aken'ova**, Department of Agronomy, University of Ibadan, Ibadan, Nigéria

Funke **Akinjo**, Federal Agriculture, PMB 5517, Ibadan, Nigéria

Taiwo Amos **Akinlosotu**, IAR&T, University of Ife, PMB 5029, Moor Plantation, Ibadan, Nigéria

Nojim **Akinyemi**, PO Box 286, Ilaro, Egbado, Ogun State, Nigéria

Tankpinou Pierre **Akonde**, CARDER-Atlantique, BP 648, Cotonou, Bénin

Ekow **Akyeampong**, Centre international pour l'élevage en Afrique, PO Box 5689, Addis Abeba, Éthiopie

Rabo Abo **Aladu**, CIPEA, BP 60, Bamako, Mali

M.S. **Alam**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Gaia **Allison**, Federal Department of Forestry, PMB 5011, Ibadan, Nigéria

Denis **Amara**, Department of Agronomy, Njala University College, PM. 3 Freetown, Sierra Leone

Francis **Arap-Sang**, Kenya Agricultural Research Institute, PO Box 74, Kikuyu, Kenya

Ebenezer O. **Asare**, Institute of Renewable Natural Resources, University of Science and Technology, Kumasi, Ghana

Akwasi **Atta-Krah**, Centre international pour l'élevage en Afrique, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Taye **Babaleye**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Adetunji **Bello**, Institute of Agricultural Research, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigéria

Michael D. **Benge**, S&T/FENR, United States Agency for International Development, Washington, DC, É.-U. 20503

Hezman **Bosman**, Department of Animal Science, University of Ife, Ile-Ife, Oyo State, Nigéria

James Lynn **Brewbaker**, University of Hawaii, 3190 Maile Way, Honolulu, HI, É.-U. 96822

Samuel P. Kofi **Britwum**, Forest Products Research Institute University, PO Box 63, Kumasi, Ghana

Frank **Brockman**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Thomas M. **Catterson**, Bureau for Africa, United States Agency for International Development, Washington, DC, É.-U. 20523

John M. **Chesworth**, University of Zimbabwe, Animal Science Department, PO Box 167, Mount Pleasant, Harare, Zimbabwe

S.L. **Claassen**, Institut international d'agricultur picale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

D.C. **Couper**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Jean-Pierre **Deneux**, BP 7108, Cotonou, Bénin

Lawrence Kwame **Djokoto**, VORADEP, Ministry of Agriculture, PO Box 165, Ho, Ghana

Koffi **Dongo**, 01 BP 1249 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

E. **Dow**, Department of Forestry, Ibadan, Nigéria

Bajiru **Duguma**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Koffi **Eklou-Takpani**, BP 03, Project FED, Kara, Togo

Joseph M. **Fajemisin**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Paul A. **Francis**, Centre international pour l'élevage en Afrique, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Norman **Garner**, GP 297, Bissau, Guinée-Bissau

Heinz **Gasser**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

T. **Gebremeskel**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Amare **Getahun**, Kenya Renewable Energy Development Project, Box 62360, Nairobi, Kenya

Mwenja **Gichuru**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Ulrich **Hoesle**, a/s GTZ Postfach 5180, D-6236, Eschborn 1, République fédérale d'Allemagne

Peter A. **Huxley**, Centre international de recherches en agroforesterie, PO Box 30677, Nairobi, Kenya

Anthony **Ikpi**, Department of Agricultural Economics, University of Ibadan, Ibadan, Nigéria

Okon John **Ifut**, University of Ibadan, Ibadan, Nigéria

Emmanuel **Iwuafor**, Agricultural Research Station Institute, Ahmadu Bellow University, PO Box 1062, Kano, Nigéria

Dominic **Iyamabo**, Federal Ministry of Science and Technology, PMB 12793, Lagos, Nigéria

A.S.R. **Juo**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Fezrat **Kaleem**, Crop Research Institute, Nyankpala, Tamale, Ghana

Biauw T. **Kang**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Bob **Kiels**, 5318 US State Department, Washington, DC, É.-U.

Aziadome **Kogblevi**, BP 988, Department of Animal Science, Cotonou, Bénin

Kokoasse **Kpomblekou-Aremawou**, Institut national des sols, CP 1026, Lomé, Togo

R. **Lal**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Boniface **Lame**, BP 648, Cotonou, Bénin

Bianu **Landu-Kalemba**, RAV/PRONAM, BP 11635, Kinshasa I, Zaïre

Teddi L. **Lawson-Togla**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Paul **Lippold**, United States Agency for International Development/Institut international d'agriculture tropicale, Lagos (ID), Department of State, Washington, DC, É.-U. 20520

L.L.L. **Lulandala**, Department of Forest Biology, Sokoine University of Agriculture, Morogoro, Tanzanie

Simeon A. **Materechera**, University of Malawi, Bunda College of Agriculture, Box 219, Lilongwe, Malawi

Raymond **Meyer**, S&T/AGR, United States Agency for International Development, Washington, DC, É.-U. 20523

Bassey A. **Ndon**, University of Cross River State, Department of Agriculture, PMB 1017, Uyo, Cross River State, Nigéria

Ambrose L. **Nyamekye**, Crops Research Institute, Tamale, Ghana

Justina **Odunmbaku**, Federal Department of Rural Development, PMB 1017, UI Post Office, Ibadan, Nigéria

Taiwo **Ojewande**, BCOS, Ibadan, Nigéria

David **Okali**, Department of Forest Resources Management, University of Ibadan, Ibadan, Nigéria

Bede N. **Okigbo**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Goodwill **Okoro**, Michael Okpara College of Agriculture, ISADAP, Owerri, Imo State, Nigéria

Olu **Osiname**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Robert **Otsyina**, Centre international pour l'élevage en Afrique, PMB 4248, Kaduna, Nigéria

J.B. **Oyedokun**, IR&T, University of Ife, PMB 5029, Moore Plantation, Ibadan, Nigéria

Tayo **Oyelowo**, Agricultural Planning Section, FACU, PMB 5517, Bodija, Ibadan, Nigéria

M.C. **Palada**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

B. Viator **Parera**, Dinas Pertanian Pangan, JLN Harimau 15, Kupang, Indonésie

J. Kathy **Parker**, Office of Technology Assessment, US Congress, Washington, DC, É.-U. 20510

James F. **Parr**, United States Department of Agriculture, Agriculture Research Station, National Program Staff, BARC-W, Beltsville, MD, É.-U.

John W. **Pendleton**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Kurt I. **Peters**, Centre international pour l'élevage en Afrique, PO Box 5689, Addis-Abeba, Éthiopie

Andrew **Pinney**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

H.S. **Randev**, 13 Kabir Road, FACU, Kaduna, Nigéria

Thomas **Remington**, Projet Culture Attelée, BP 3, Kara, Togo

Charles **Renard**, ICRISAT Sahelian Center, BP 12404 Niamey, Niger

Len **Renolds**, Centre international pour l'élevage en Afrique, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

R.P. **Singh**, Central Research Institute for Dryland Agriculture, PO Box 500659, Hyderabad, AP, Inde

Rony L. **Swennen**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Kehinde **Thompson**, a/s Olatigbe Coop Bank, Ibadan, Nigéria

Jean **Tonye**, Institute of Agronomic Research, PO Box 2067, Yaoundé, Cameroun

Rick **Van Den Beldt**, International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics, PO Box 502324, Patancheru, AP, Inde

A.C.B.M. **Van der Kruijs**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

W. **Vogel**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

John **Wildin**, a/s Queensland Department of Primary Industries, PO Box 689, Rockhampton, Queensland 4700, Australie

G.F. **Wilson**, Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

H. Marvin **Wilson**, Association pour la productivité, BP 8719, Lomé, Togo

Bourahim **Yekini**, Faculté des sciences agronomiques, Université nationale du Bénin, BP 526, Cotonou, Bénin

Delphine **Youdeowei**, Centre international pour l'élevage en Afrique, PMB 5320, Ibadan, Nigéria

Taiwo **Yusuf**, PO Box 3297, Mapo Hill, Ibadan, Nigéria

Index

– A –

Acioa 4, 22

Acioa barterii 18, 22, 24, 245

Agro-silvo-pastorale, production 5

Agroforesterie 5, 10-11, 13-14, 79-88, 229-234

Albizia falcataria 72, 170, 175

Albizia lebbeck 72, 170, 175

Arachide 130

Arbres en étages multiples 84

Arbres et arbustes fixateurs d'azote 23-24, 69-78
- avantages 80-81
- espèces indigènes en Afrique 63-64
- pour le fourrage et le brout en Afrique 60-66

Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO) 248

– C –

Cajanus cajan 22, 62-63, 73, 79, 83, 88

Calliandra calothyrsus 73
- pourcentage des éléments nutritifs (de) 23
- teneur élevée en tanin 65

Cassia siamea 18
- en culture intercalaire avec du manioc 24

Casuarina equisetifolia 63, 179

Casuarina spp. 73, 130, 132
- effet sur le rendement du maïs 182-183
- production de poteaux 184

Centre agronomique de recherche et d'enseignement (CATIE) 33

Centre de recherches pour le développement international (CRDI) vii, 170, 251

Centre international de recherche agricole (CIAT) 5

Centre international pour l'élevage en Afrique (CIPEA) vii, ix-x, 2-5, 6-7, 9-14, 201, 245, 249, 259, 261

Chèvres et moutons nains d'Afrique occidentale (voir Ruminants, petits; Moutons, Afrique occidentale) 37, 49
- digestibilité et rythme de croissance 53
- production de matières sèches 51
- productivité 54-55

Climat, tropical et sol
- effets sur l'environnement 3

Constitutions de réseaux ix, 247-249, 251-256

Cours-jardins
- arbres (dans les) 195-196
- définition (des) 189-190
- diversité des espèces 195-198
- espèces fourragères 196
- origines (des) 191-192
- structure (des) 192-193

Croissance démographique en Afrique vii, ix, 2
- agriculture de subsistance 18-19
- comparaison avec l'augmentation de la production d'aliments 2-3
- pressions sur le sol 20-21, 211-212
- pressions sur les exploitations agricoles 2, 18-19, 79-80
- sud-est du Nigéria 32

Culture à strates multiples 4, 192-194

Culture en couloirs
acceptation par les agriculteurs 37-40, 56-58, 80-81, 94-95, 99-100, 111-112, 114-115, 127, 130-132, 158-161, 164-166
avantages (de la) 4, 8-9, 110-111, 123-132
avec un mélange de *Gliricidia* et de *Leucaena* 36-37
culture intercalaire de haies 235, 238-239
définition 10, 31-32, 102-105, 120-121, 244-245
développement (de la) 20-21, 31-32
effet à long terme 237-239
effet sur les sols dégradés 25-26, 173-174
érosion 10, 138-139, 215
essais en fermes (voir Essais en fermes) 92-100, 101-115
facteurs économiques externes positifs 215, 217-218, 221
femmes (au Nigéria) 107, 113
gestion (de la) 21-23, 109, 126-128
mécanisée 18-19, 26, 105-106
modèle pour l'agriculteur fortement hésitant face au risque 221
objectifs (de la) 4-5, 121-122, 244
production de graines 37, 39, 105-106, 114-115
production de plantain et de banane 41-45
production des petits ruminants (voir Ruminants) 21, 48-58
production du bétail 30-40, 87-88
prolifération de mauvaises herbes 163-164, 183-184, 247-249
régime foncier dans le sud du Nigéria 199-213
réseaux de collaboration 245-249, 251-256
retombées économiques (de la) 215-227
sous-produits 103, 130-132
système nécessitant peu de mise de fonds 32-33, 173-174

Culture intensive de fourrage dans les potagers 32-33, 36

Culture intercalaire avec
ambérique 130
arachide 126-127, 129-130, 176
banane 41-45, 165
haricots 143-147
igname 37, 110
maïs (voir Maïs) 23-24, 34-35
manioc 23, 180
millet 126-127
millet à chandelle 128-129
mungo 126-127, 129-130
niébé 24, 127
noix de coco 164
plantain 41-45
pois cajan (*Cajanus cajan*) 125-126, 133, 149-151
riz 24-25
sorgho 124-129
tournesol 126, 129

Culture intercalaire de haies (voir Culture en couloirs) 20-21

Cultures mixtes au Nigéria (voir Production du bétail; Ruminants) 39

– D –

Déboisement en Afrique 2-3, 14
Kenya 134-135
taux annuel 18-19, 65-66, 88, 249

Détérioration du sol (voir Fertilité du sol) vii, 2, 14, 18-19
Afrique 2-3, 8, 215-216, 254-255
Indonésie 158-159

Dialium guineense 22

Digestibilité de la matière sèche (DMS) 52-56, 65

– E –

Empoisonnement à la mimosine 33, 35, 50-51, 86, 112
Indonésie 164
solutions (à l') 50, 85

Érosion 2, 4, 8
culture en couloirs 10, 141, 215, 221-224
Kenya 138-139
Nusa Tenggara Timur (Indonésie) 25, 157-159
ruissellement de surface et érosion du sol 25-26

Erythrina poeppigiana 84, 235

Espèces arborescentes (voir *Leucaena leucocephala*; *Gliricidia sepium*) vii, 21-22
accroissement de la biomasse des racines de quelques espèces de plantes 235

capacité de recyclage des éléments nutritifs 230
cours-jardins 191-193
distribution de la matière sèche 234-235
éléments nutritifs 22-23
fixation de l'azote 173, 230
production (des) 48
production de biomasse et environnement 235-236
systèmes de production de plantains et de bananes 41

Espèces pour le brout (voir Fourrage)
arbres fixateurs d'azote (voir Arbres et arbustes fixateurs d'azote) 60-66
arbres fourragers au goût apprécié par le bétail mais non fixateurs d'azote 65-66
les plus productives 61-62

Essais en fermes 37-40, 92-115
choix du site 93
conception 94-100
contrôle et évaluation 99-100
dépendance de l'agriculteur 106
exploratoires 97
participation de l'agriculteur 98, 101-102
participation des chercheurs 97-98, 101
participation des femmes 108-109
premier projet pilote du CIPEA 104
site particulier 98

Essais en station 33-37, 104-115

– F –

Femmes
agricultrices au sud-est du Nigéria 210-212
agricultrices au sud-ouest du Nigéria 203-204
culture en couloirs au Nigéria 108, 112-113

Fertilisants
dégradation du sol 8, 19
réduction de coût grâce à la culture en couloirs 24
usage du *Leucaena* (voir Paillis) 10, 25-26, 32-33, 39, 87-88

Fertilité du sol 3, 9-10, 13-14
culture en couloirs 9-10, 25-26, 32-33, 39-40, 94-95, 183-184, 237-238
production de la biomasse des matières sèches en culture en couloirs 65
rendement annuel en éléments nutritifs de l'élagage des haies 22-23
retrait des éléments nutritifs lorsque *Leucaena* est utilisé comme fourrage 146-147

Flemingia congesta 43-44, 245

Fourrage (voir Paillis; Espèces pour le brout) 101
légumineuses arborescentes (voir Légumineuses fourragères) 32-33
enlèvement d'éléments nutritifs 145-146
production au Togo 149-151
production en Inde 120-121, 129-130, 132
production en Indonésie 164
production en Tanzanie 143-147

– G –

Gestion du sol dans les tropiques 8-9, 12-14, 19-20
culture en couloirs 20-21
importance de la jachère forestière 39, 173

Gliricidia sepium 18, 21-22, 30, 33-34, 56-57, 63, 79, 83-84
comme nourriture pour le bétail 48-58
culture en couloirs avec du maïs, du niébé et du manioc 23
culture en couloirs et essais en fermes 21-22, 30
dans les ultisols 24
éléments des parties comestibles 50
importance en régions humides 84
pâturages 66
potentiel génétique 60
pourcentage d'éléments nutritifs 22-23
production d'azote 34, 50
production d'éléments nutritifs 21-23
production de semence 37, 39, 105
rendement en paillis solide (PS) et en azote 34
toxicité 33

Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI) 9, 247, 249

– H –

Herbes
Archer axillaris 82
Panicum maximum (herbes Hamil) 36, 54, 82, 85
Seteria du Texas 81
pangola 85

Heteropsylla sp. 83

– I –

Ignames 31
culture en couloirs 37, 111

Imperata cylindrica 98, 158, 248

Inde
culture en couloirs (en) 118-132

Indonésie 157-167
acceptation par les agriculteurs 158-162
élevage de bétail 162-163
envahissement du sol par le *Lantana camara* et le *Leucaena* 162-164
Leucaena dans les programmes de conservation du sol 25-26, 157-159
Leucaena et amélioration du sol 25-26, 157-162
problèmes d'érosion au Nusa Tenggara Timur 157-158

Insecte nuisible, *Leucaena psyllid* 83

Institut international d'agriculture tropicale (IIAT) vii, ix-x, 2-5, 6-7, 9-10, 14-15

Institut international de recherches sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT) 118

– J –

Jachère forestière 2-3, 8, 15, 18, 20-21
avantage (de la) 20-21
gestion (de la) 20-22
principal système de culture dans le sud-ouest et le sud-est du Nigéria 31-32, 199-213

– K –

Kenya (région côtière)
amélioration du sol 184
culture en couloirs avec *Casuarina* 182
essais de culture en couloirs 178-185
production de maïs 178-179
retombées économiques pour les agriculteurs 182-185

Kenya, région semi-aride du Kakuyuni
culture en couloirs 134-142
District de Machakos 135, 136

Lamtoronisasi (Leucaena) 157, 159-162, 164-166

– L –

Légumineuses fourragères (voir Fourrage; *L. leucocephala*; *G. sepium*) ix, 32, 37-39, 48-88
digestibilité de la matière sèche (DMS) 48-49, 65-66
nourriture pour le bétail 6, 32-37, 48-58, 80-81, 121-123
paillis (voir Paillis) 41
pâturage en couloirs 6-7
prise de poids vif chez les petits ruminants 51, 87-88
production (de) 49-50
production d'azote 22, 34, 50, 63, 82, 143, 183
système de ramassage sur place 49, 86

Leucaena leucocephala x, 4, 6, 21-22, 62, 79, 85, 143-147, 152-153, 157-167
acceptation par les agriculteurs 158-159, 165-166
brise-vent 43
complémentarité des cultures 128-129
compléments protéiniques
culture en couloirs avec du maïs, du niébé et du manioc 23-24
culture intercalaire avec le sorgho 123-129, 132
culture mécanisée 26
décomposition des parties élaguées pour engraisser la terre 26
digestibilité et consommation de matière sèche 51
éléments comestibles 50-51
éléments nutritifs 23-24, 50, 143, 145-146

empoisonnement à la mimosine 33, 37, 50, 86, 112
fertilisant organique 143
fourrage unique 50-51, 111-112
Inde 118-132
intégration d'une jachère de deux ans 34-36
mélangé au *Gliricidia* 53-56
nécessité de produire des semences 37, 39
nourri avec *Panicum*, chaume de maïs 51
nourriture pour le bétail 6, 32, 48-58, 118, 132, 164
pâturages 65-66
problèmes d'ombre 182-183, 185
production d'azote 23-24, 34, 50, 143, 178-179
production de fourrage 163-164
production de paillis avec du plantain 43
protéines 33, 36, 159-160
rendement en paillis et en azote 34
retombées économiques 130-132
rythme de croissance des petits ruminants 51-52, 159
systèmes de production de fourrage 85-87
tolérance à la sécheresse 119-120
ultisol 25
variétés 83-84

– M –

Maïs 31
comparaison des différents rendements du maïs (culture en couloir vs méthodes traditionnelles) 34-35
effets des haies de *Casuarina* sur le rendement du maïs 180-183
effets des haies de *Gliricidia* sur le rendement du maïs 183
effets des haies de *Leucaena* sur le rendement du maïs 182
en culture intercalaire avec *Leucaena* 143-144
systèmes de culture en couloirs 23-24, 37, 114, 141

Malnutrition du bétail 6

Manioc 31
dans les systèmes de culture en couloirs 23, 37
donné aux animaux avec *Gliricidia* 52, 62

Mauvaises herbes 183-184
Imperata cylindrica 158, 248
Lantana camara 162
Striga spp. 248

Moutons d'Afrique occidentale (voir Ruminants; Chèvres et moutons nains d'Afrique occidentale) 53-54

– O –

Owu Ile (Nigéria)
essais de culture en couloirs du CIPEA 101-115
régime foncier et culture en couloirs 202-203

– P –

Paillis (voir Fourrage) 24-25, 85-86, 103, 110-111
nourriture pour le bétail 103
production de plantain et de bananes 41-42

Panicum maximum 36, 54, 82
avec *Leucaena* 85-86
dans une alimentation combinant *Leucaena* et *Gliricidia* 53-54
rythme de croissance des moutons 53

Paronisari 162-164, 166-167
pâturages 80-82
pâturages en couloirs 87

Pâturage en couloirs 87

Peste des petits ruminants 32
productivité des petits ruminants en Afrique de l'Ouest 53-56

Plants de brout producteurs d'azote
de paillis légumineux 33-34
éléments de *Leucaena* et de *Gliricidia* 50, 159
espèces tolérant la sécheresse 61
nombre d'espèces connues 60

Pois cajan (voir *Cajanus cajan*)
culture en couloirs avec *Leucaena* 125
retombées économiques 133
source de fourrage 150-151
Togo 149-151

Potagers de cultures fourragères intensives (voir Culture intensive de fourrage dans les potagers) 6

Problème de bois de chauffage 13, 18-19, 65

Production de fourrage
arbres (et la) 79-88
Leucaena (dans la) 85-87
pâturage en couloirs 86-87
plantation de fourrage 87-88

Production du bétail et culture en couloirs (voir Ruminants) 6, 10-11, 30-40
animaux entravés au sud-est du Nigéria 38, 49, 54, 56-57
arbres et pâturages pour le bétail 81-82
importance des troupeaux dans le sud du Nigéria 31-32
sud-ouest et sud-est du Nigéria 49

– Q –

Queensland, Australie 86

– R –

Rapports des pays
Bénin 154-156
Cameroun 173-177
Inde 118-133
Indonésie 157-168
Kenya 134-142
Région centrale du Togo 149-151
Sierra Leone 169-172
Sud du Togo 152-153
Tanzanie 143-148

Reboisement 2, 13, 79-80

Recherche sur les systèmes de culture 3, 9-10, 92-100
avantages (de la) 4
culture en couloirs 3, 10
importance d'une intervention appropriée 30, 99-100
méthodologie de recherche 6-7, 10
recherche en fermes (voir Essais en fermes) 92-100, 245-246
systèmes de culture traditionnels 21-22, 95-96, 102-104

Régime foncier 199-213
définition 199
droits territoriaux traditionnels 200, 217-218
l'incidence d'une plantation d'arbres sur le terrain 199-200
étude du CIPEA dans le sud-est du Nigéria (Okwe et Mbakwu) 205-212
étude du CIPEA dans le sud-ouest du Nigéria (Owu Ile et Iwo Ate) 201-205

Rendement de la culture en couloirs du mungo 130

Réseaux de collaboration et culture en couloirs (voir Constitution de réseaux) 5, 244-249, 259

Riz, culture en couloirs du 24

Rotation des cycles de cultures et cultures en couloirs (voir Jachère; Régime foncier; Cultures en couloirs) 207-208

Ruminants (petits) 6, 10-11
consommation de matières sèches 35-36, 48, 51
empoisonnement au *Leucaena* 33, 35, 50-51, 53, 112
importance des troupeaux dans le sud du Nigéria 38-39, 48-49
importance des troupeaux en régions humides et subhumides (Afrique) 48-49
nombre moyen par famille 48-49
obstacles à la productivité 31-32, 38-39
peste des petits ruminants 32, 53-56
répartition des animaux en liberté et des animaux entravés 38-40
rythme de croissance 53, 55-56, 87-88
titres de propriété au Nigéria 31, 38-40, 108-110

– S –

Sécheresse 2, 12
culture en couloirs en Inde 129-130
espèces pour le fourrage 80-81

Sesbania grandiflora 62, 77-78
culture en couloirs 83-84, 88
région côtière du Kenya 179, 181, 184

Sierra Leone, culture en couloirs 169-172

Sorgho
compatibilité avec *Leucaena* 128
culture intercalaire avec *Leucaena* en Inde 124-125
retombées économiques 130-132

Sri Lanka 53

Surpâturage 2

Indonésie 157-158
Kenya 134

Systèmes agricoles traditionnels 21-22, 95-96, 102-104

Systèmes convenant aux petits agriculteurs (Nigéria)
acceptation de la culture en couloirs 39, 56-58, 79, 94, 99-100, 111-112
essais du CIPEA 101-115
essais de culture en couloirs 94
faible mise de fonds ix, 8, 32-33, 238-239
projets de développement agricole 30

– T –

Tanzanie
production de *Leucaena* pour le fourrage 143-147

Togo (centre) 149-150

Togo (sud)
culture en couloirs du maïs avec *Leucaena* 152-153

Transfert de technologie
culture en couloirs 20-21
interventions appropriées 30-31
recherches en fermes 92-115

– U –

United States Agency for International Development (USAID) vii, 12

– W –

West African Farming Systems Research Network (WAFSRN) 248

World Resources Institute 19

Problème de bois de chauffage 13, 18-19, 65

Production de fourrage
arbres (et la) 79-88
Leucaena (dans la) 85-87
pâturage en couloirs 86-87
plantation de fourrage 87-88

Production du bétail et culture en couloirs (voir Ruminants) 6, 10-11, 30-40
animaux entravés au sud-est du Nigéria 38, 49, 54, 56-57
arbres et pâturages pour le bétail 81-82
importance des troupeaux dans le sud du Nigéria 31-32
sud-ouest et sud-est du Nigéria 49

– Q –

Queensland, Australie 86

– R –

Rapports des pays
Bénin 154-156
Cameroun 173-177
Inde 118-133
Indonésie 157-168
Kenya 134-142
Région centrale du Togo 149-151
Sierra Leone 169-172
Sud du Togo 152-153
Tanzanie 143-148

Reboisement 2, 13, 79-80

Recherche sur les systèmes de culture 3, 9-10, 92-100
avantages (de la) 4
culture en couloirs 3, 10
importance d'une intervention appropriée 30, 99-100
méthodologie de recherche 6-7, 10
recherche en fermes (voir Essais en fermes) 92-100, 245-246
systèmes de culture traditionnels 21-22, 95-96, 102-104

Régime foncier 199-213
définition 199
droits territoriaux traditionnels 200, 217-218
l'incidence d'une plantation d'arbres sur le terrain 199-200
étude du CIPEA dans le sud-est du Nigéria (Okwe et Mbakwu) 205-212
étude du CIPEA dans le sud-ouest du Nigéria (Owu Ile et Iwo Ate) 201-205

Rendement de la culture en couloirs du mungo 130

Réseaux de collaboration et culture en couloirs (voir Constitution de réseaux) 5, 244-249, 259

Riz, culture en couloirs du 24

Rotation des cycles de cultures et cultures en couloirs (voir Jachère; Régime foncier; Cultures en couloirs) 207-208

Ruminants (petits) 6, 10-11
consommation de matières sèches 35-36, 48, 51
empoisonnement au *Leucaena* 33, 35, 50-51, 53, 112
importance des troupeaux dans le sud du Nigéria 38-39, 48-49
importance des troupeaux en régions humides et subhumides (Afrique) 48-49
nombre moyen par famille 48-49
obstacles à la productivité 31-32, 38-39
peste des petits ruminants 32, 53-56
répartition des animaux en liberté et des animaux entravés 38-40
rythme de croissance 53, 55-56, 87-88
titres de propriété au Nigéria 31, 38-40, 108-110

– S –

Sécheresse 2, 12
culture en couloirs en Inde 129-130
espèces pour le fourrage 80-81

Sesbania grandiflora 62, 77-78
culture en couloirs 83-84, 88
région côtière du Kenya 179, 181, 184

Sierra Leone, culture en couloirs 169-172

Sorgho
compatibilité avec *Leucaena* 128
culture intercalaire avec *Leucaena* en Inde 124-125
retombées économiques 130-132

Sri Lanka 53

Surpâturage 2

Indonésie 157-158
Kenya 134

Systèmes agricoles traditionnels 21-22, 95-96, 102-104

Systèmes convenant aux petits agriculteurs (Nigéria)
acceptation de la culture en couloirs 39, 56-58, 79, 94, 99-100, 111-112
essais du CIPEA 101-115
essais de culture en couloirs 94
faible mise de fonds ix, 8, 32-33, 238-239
projets de développement agricole 30

– T –

Tanzanie
production de *Leucaena* pour le fourrage 143-147

Togo (centre) 149-150

Togo (sud)
culture en couloirs du maïs avec *Leucaena* 152-153

Transfert de technologie
culture en couloirs 20-21
interventions appropriées 30-31
recherches en fermes 92-115

– U –

United States Agency for International Development (USAID) vii, 12

– W –

West African Farming Systems Research Network (WAFSRN) 248

World Resources Institute 19